

UNIVERSITÉ DE LYON
FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE **N° 294**

Travail de la Chaire d'Hydrologie
et de Climatologie Thérapeutique (Professeur PIERY)

ÉTUDE HYDRO-GÉOLOGIQUE
des EAUX SULFUREUSES d'AIX-LES-BAINS
ET DE SON BASSIN

THÈSE

Pour le doctorat de l'Université de Lyon

SECTION DE PHARMACIE

PRÉSENTÉE ET SOUTENUE PUBLIQUEMENT DEVANT LA
FACULTÉ de MÉDECINE et de PHARMACIE

LE 10 JUILLET 1939

PAR

LOUIS-JOSEPH ROULIER

Né le 1^{er} Octobre 1913

à GRENOBLE (Isère)



PAQUET Imprimeur
10, RUE JARENTE - LYON
1939

**Etude hydro-géologique
des eaux sulfureuses
d'Aix-les-Bains et de son bassin**



Digitized by the Internet Archive
in 2026

Travail de la Chaire d'Hydrologie
et de Climatologie Thérapeutique (Professeur PIERY)

ÉTUDE HYDRO-GÉOLOGIQUE
des EAUX SULFUREUSES d'AIX-LES-BAINS
ET DE SON BASSIN

THÈSE

Pour le doctorat de l'Université de Lyon

SECTION DE PHARMACIE

PRÉSENTÉE ET SOUTENUE PUBLIQUEMENT DEVANT LA

FACULTÉ de MÉDECINE et de PHARMACIE

LE 10 JUILLET 1939

PAR

LOUIS-JOSEPH ROULIER

Né le 1^{er} Octobre 1913

à GRENOBLE (Isère)



PAQUET Imprimeur
10, RUE JARENTE - LYON
1939

PERSONNEL DE LA FACULTE

Doyen honoraire	M. L. HUGOUNENQ.
Doyen	M. J. LEPINE.
Assesseur	M. A. MOREL.

PROFESSEURS HONORAIRES

MM. LANNOIS, HUGOUNENQ, PIC, CONDAMIN, PAVIOT,
NICOLAS, VILLARD, NOVE-JOSSERAND, TIXIER, COLLET, GAYET, CLUZET

PROFESSEURS

Cliniques médicales	MM. FROMENT.
Cliniques chirurgicales	SAVY.
Clinique obstétricale et Accouchements.....	PATEL.
Clinique ophtalmologique	BERARD.
Cliniques dermatologique et syphiligraphique.....	VORON.
Clinique neurologique et psychiatrique.....	BONNET.
Clinique médicale infantile.....	FAVRE.
Clinique gynécologique	LEPINE (J.)
Clinique d'oto-rhino-laryngologie	MOURIQUAND.
Clinique urologique	COTTE.
Clinique chirurgicale infantile et orthopédie.....	REBATTU.
Clinique et prophylaxie de la tuberculose.....	CIBERT.
Clinique des maladies infectieuses.....	TAVERNIER.
Physique biologique, Radiologie et Physiothérapie.....	COURMONT.
Chimie biologique et médicale.....	J. CHALIER.
Chimie organique et Toxicologie.....	PONTHUS.
Matière médicale et Botanique.....	FLORENCE
Parasitologie et Histoire naturelle médicale.....	MOREL
Anatomie	MANCEAU.
Histologie	GUIART.
Physiologie	LATARJET.
Pathologie interne	POLICARD.
Pathologie générale et thérapeutique.....	HERMANN.
Anatomie pathologique	CORDIER.
Chirurgie opératoire	CADE.
Médecine expérimentale et comparée et Bactériologie.....	J. F. MARTIN.
Médecine légale	SANTY.
Hygiène	ARLOING (F.).
Pharmacie et Pharmacologie.....	Etienne MARTIN.
Hydrologie thérapeutique et Climatologie.....	ROCHAIX.
	LEULIER.
	PIERY.

PROFESSEURS TITULAIRES SANS CHAIRE

Chargé d'un cours d'Anatomie médico-chirurgicale.....	MM. THEVENOT (Léon).
Chargé d'un cours d'embryologie	NOEL.

AGREGES

MM.	MM.	MM.	MM.
GABRIELLE	GUILLEMINET	DE ROUGEMONT	MORIN
DECHAUME	MORENAS	P. RAVAUULT	BERTRAND
BERNHEIM	REVOL	PIGEAUD	CLAVEL
POLLOSSON	ENSELME	CROIZAT	LEVRAT
CHAMBRON	SEDALLIAN	DELORE	
EPARVIER	CREYSEL	JOSSERAND	



EXAMINATEURS DE LA THESE

M. PIERY, *Président*

MM. CORDIER, ROMAN, ENSELME

La Faculté de Médecine de Lyon déclare que les opinions émises dans les dissertations qui lui sont présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, et qu'elle n'entend leur donner ni approbation ni improbation.

A LA MEMOIRE DE MON PERE

A MA MERE ET A MON FRERE

A MON ONCLE

En témoignage d'affectueuse reconnaissance.

A MES PARENTS ET AMIS

Étude hydro-géologique des eaux sulfureuses d'Aix-les-Bains et de son bassin

Avant-Propos

Avant d'aborder l'exposé de cette étude nous tenons à nous acquitter ici un devoir bien agréable à remplir, celui de remercier nos maîtres en cette Faculté, et en particulier ceux qui ont bien voulu nous guider dans ce travail.

Nous remercions tout d'abord M. PIÉRY, professeur à la Faculté de Médecine de Lyon, professeur d'hydrologie et climatologie thérapeutique, qui nous a accepté dans son laboratoire et nous fait l'honneur aujourd'hui de présider notre jury de thèse.

Nos remerciements s'adressent aussi à M. ROMAN, professeur de géologie à la Faculté des Sciences, pour l'accueil si bienveillant qu'il nous a réservé et l'intérêt qu'il a bien voulu accorder à notre thèse.

Nous tenons à remercier M. CORDIER, professeur à la Faculté de Médecine de Lyon, médecin honoraire des

hôpitaux, pour l'intérêt qu'il nous a porté en faisant partie de notre jury.

M. ENSËLME, professeur agrégé à la Faculté de Médecine de Lyon, docteur ès-sciences, par ses conseils et ses encouragements nous a permis de mener à bien ce travail qui est plus le sien que le nôtre ; qu'il nous soit permis de lui exprimer ici notre plus respectueuse reconnaissance.

Notre reconnaissance va également à M. VIRET, professeur agrégé de Sciences naturelles, chargé de cours à la Faculté des Sciences de Lyon, qui a bien voulu examiner les coupes micrographiques des minéraux du bassin d'Aix-les-Bains.

Cette thèse comporte d'une part l'exposé de nos analyses portant sur dix-sept roches recueillies par M. le Professeur agrégé ENSËLME pendant l'été 1938 dans le bassin minéral d'Aix-les-Bains.

Ces roches sont en outre décrites d'après les coupes microscopiques examinées par M. VIRET, professeur agrégé, chargé de cours à la Faculté des Sciences de Lyon. D'autre part cette étude s'efforce de réunir un certain nombre de documents relatifs à l'étude stratigraphique et petrographique du même bassin.

Nous avons voulu rassembler les divers textes qui intéressent notre sujet afin de constituer un instrument d'études qui permette d'éviter de longues recherches bibliographiques.

C'est pourquoi l'on voudra bien excuser la longueur apparemment excessive de certaines de nos citations.

Introduction

Les eaux d'Aix-les-Bains apparaissent au niveau de deux griffons qui proviennent d'un même filon hydro-minéral. L'un des griffons constitue la source Soufre alors que l'autre constitue la source Alun.

Il s'agit de deux sources à gros débit (de 13 litres-seconde environ pour la source Soufre, de 29 litres-seconde environ pour la source Alun), hyperthermales (43° pour la source Soufre, 45° à 47° pour la source Alun) entrant dans la catégorie des sulfurés calciques à faible degré sulfhydrométrique et contenant en outre une faible minéralisation assez riche en ions sulfate et calcium.

Ces sources apparaissent dans le synclinal d'Aix-les-Bains (Savoie). Que l'on veuille bien se représenter une cuvette en forme de V, limitée à l'Est par le massif du Revard-Semnoz, à l'Ouest par le Massif de la Dent-du-Chat, puis de la Chambotte-Gros-Foug et ouverte largement vers le Nord, alors que les deux branches de relèvement est et ouest se rencontrent à la pointe du V, vers Chambéry. Le fond de la cuvette est constitué par des marnes hauteriviennes imperméables, que des anti-

clinaux relèvent sur les bords. En outre la cuvette est trouée par des vallonnements qui résultent de poussées anticlinales accessoires : c'est au Sud le petit anticlinal de la Roche du Roi et très au Nord les anticlinaux du coteau de Poissy et de la montagne de la Balme. Sur ces marnes imperméables reposent des calcaires urgoniens troués de grottes et de galeries érosives propres à la circulation souterraine des eaux, des mollasses tertiaires et enfin des boues d'origine glaciaire. Ces trois formations constituent un revêtement par lequel s'infiltrèrent les eaux superficielles qui gagnent les marnes imperméables. A la faveur d'une des fenêtres que nous avons signalées, celle de la Roche du Roi, dans les calcaires urgoniens sourdent les eaux d'Aix.

Le problème de leur origine paraîtrait donc à première vue assez simple. Tombées sur la vaste surface de la cuvette que nous avons décrite, les eaux météorologiques s'infiltreraient à travers les terrains de revêtement que nous avons signalés, chemineraient sur les marnes hauteriviennes et viendraient enfin ressortir au niveau d'Aix-les-Bains. En fait le problème est plus complexe ; la cuvette que nous avons décrite n'est pas étanche ; elle est ouverte dans la profondeur par deux fissures : une grande faille bordière du massif des Bauges, faille qui suit l'anticlinal du Revard-Semnoz, et une autre faille moins importante qui apparaît vers Châtillon, au Nord du lac du Bourget, passe peut-être sous le lac, longeant ainsi à distance la Dent-du-Chat. Par ces deux fissures, réalisées sur le fond même de la cuvette, les eaux peuvent entrer en relation avec des terrains antérieurs

à l'hautesivien (le Jurassique, le Lias et même le Trias) et leur prélever une partie de leur minéralisation.

C'est en somme ainsi que se pose le problème, origine hautesivienne ou origine plus ancienne, peut-être triasique de la minéralisation des eaux. C'est lui que nous allons discuter.

Pour cela nous apporterons un certain nombre de documents géologiques classiques, des analyses hydrologiques non moins classiques, nous y ajouterons une étude géochimique des terrains qui nous est personnelle et à la lumière des documents ainsi réunis nous essaierons de nous faire une opinion.

Les différents chapitres que nous allons écrire seront donc les suivants :

Le chapitre premier sera réservé à l'étude des limites géographiques du bassin hydro-minéral d'Aix-les-Bains.

Le chapitre II s'appliquera à la description pétrographique des terrains de ce bassin.

Le chapitre III rapportera leur étude géochimique.

Le chapitre IV étudiera les conditions géologiques d'apparition des eaux de sources sulfureuses de la même région, afin de ne pas isoler les sources d'Aix et de leur réserver une théorie qui ne serait applicable qu'à elles et risquerait par conséquent d'être trop exclusive.

Le chapitre V donnera la description chimique des eaux sulfureuses d'Aix et de la région ; il s'efforcera de tirer les conclusions applicables à l'étude hydrogéologique du bassin.

Le chapitre VI résumera les hypothèses émises sur le mode de genèse des eaux minérales d'Aix-les-Bains et s'efforcera de tirer des conclusions de cette étude.

Enfin dans le chapitre VII nous étudierons les boues et les dépôts des eaux d'Aix-les-Bains tant dans les formations actuelles que dans les dépôts provenant des thermes romains et nous nous efforcerons d'en tirer quelques conclusions sur la topographie de ces thermes.

CHAPITRE PREMIER

LIMITES GEOGRAPHIQUES DU BASSIN HYDROMINERAL D'AIX-LES-BAINS

Nous avons déjà dit que le bassin d'Aix-les-Bains a la forme d'un V dont la pointe serait au niveau de Chambéry, dont les branches seraient réalisées : l'une à l'Est par l'anticlinal du Revard-Semnoz ; l'autre à l'Ouest par l'anticlinal de la Dent-du-Chat, puis de la Chambotte-Gros-Foug reliées par le rocher de Châtillon, bassin qui serait largement ouvert vers le Nord.

Les limites exactes de ce bassin doivent être à présent précisées ; nous allons les étudier successivement :

I. — A l'Est, nous venons de voir que la limite est formée par le Revard-Semnoz ; il s'agit en fait de la ligne d'affleurement des marnes hauteriviennes relevées au flanc du Revard comme on peut le voir dans la coupe. Cette opinion repose sur les observations suivantes :

1) Les diverses coupes figurées par les géologues montrent que les marnes hauteriviennes imperméables se

redressent au flanc du Revard et constituent par là un mur qui, s'il est continu, réalise un obstacle à l'arrivée des eaux infiltrées plus à l'Est sur le sommet du Revard.

2) Ce mur toutefois pourrait être franchi par les eaux à la faveur de fissures ou de failles superficielles, il convenait donc de donner une démonstration de son imperméabilité. Ceci fut réalisé au moyen d'épreuves à la fluorescéine en deux temps :

a) Très à l'Est du plateau du Revard, les calcaires urgoniens affleurent ; plusieurs couches imperméables de marnes valanginiennes et hauteriviennes s'interposent entre ces calcaires urgoniens et le bassin d'Aix. En 1927. M. KILIAN déversa de la fluorescéine dans une excavation de ces calcaires urgoniens dite au Creux de la Rethiède. Différents torrents qui sourdent tout autour du Revard furent étudiés ; seul un torrent situé au Sud, près de Chambéry, la Doria, fut coloré. Les sources d'Aix-les-Bains n'apportèrent pas de fluorescéine.

b) Des calcaires valanginiens affleurent au sommet du Revard ; ils sont séparés d'Aix par des marnes valanginiennes et hauteriviennes. En avril 1938 MM. GIGNOUX et MORET placèrent de la fluorescéine dans des gouffres creusés dans ces calcaires à la côte 1450 près de l'Hôtel du Revard. Cette fluorescéine ne réapparut nulle part. La conclusion de ces auteurs est la suivante :

« Cette dernière expérience avait été réalisée avec dix kilos de fluorescéine, quantité en rapport avec la distance à expérimenter ; la plus éloignée de ces sources émerge à près de 12 kilomètres des gouffres colorés. Or les

sources furent suivies pendant vingt jours, soit pour la plus éloignée, jusqu'à la vitesse limite de 0 km. 6 par 24 heures, neuf fois plus faible que celle observée dans les calcaires urgoniens de fissuration analogue.

Il est donc permis de penser que si l'Urgonien du plateau du Revard se vide bien au profit de résurgences connues, les eaux qui s'infiltrant sur la partie du plateau constituée par le complexe marno-calcaire hauterivien et les calcaires valanginiens trouvent en profondeur des solutions de continuité.

Rappelons que les sources thermales d'Aix furent à cette occasion observées pendant 75 jours ».

II. — Limite ouest : on a un relèvement des marnes hauteriviennes bien facile à observer et bien figuré dans les diverses coupes tout au long du massif l'Epine-Dent-du-Chat.

III. — Limite au Nord : Sous la couverture miocène et pléistocène, les marnes s'étendent vers la plaine suisse, sans limites fixes.

Telles sont les limites du bassin hydro-minéral d'Aix-les-Bains. Son fond est formé, avons-nous dit, par des marnes hauteriviennes ; celles-ci sont recouvertes par un ensemble de terrains dont il convient d'étudier le degré de perméabilité. Il est indispensable de distinguer les différents éléments suivants :

1) La mollasse qui s'adosse au revêtement urgonien des flancs du Revard passe sous le glaciaire. En décembre 1929 une expérience à la fluorescéine fut tentée dans ces mollasses. Toutes les sources du voisinage furent

rapidement colorées et les auteurs conclurent que cette expérience montre une circulation souterraine peu profonde. Les eaux issues de ces sources suivant la saison et leur débit circulent sur l'alluvion glaciaire ou s'y absorbent.

2) Dans les dépôts glaciaires, une expérience fut réalisée à la fluorescéine en 1924. Un dépôt de fluorescéine ayant été placé près de Mouxy, tout le bassin en fut imprégné montrant par là les relations entre la circulation glaciaire et la circulation urgonienne.

3) Enfin l'Urgonien est percé avons-nous dit de galeries qui permettent les circulations de courants d'eau. Ici doivent jouer entre les eaux minérales et les eaux ordinaires, des niveaux de pression hydrostatique ne permettant pas le mélange. Il faut avec GORCEIX penser qu'un contact peut s'établir avec le Sierroz et l'on peut même se demander si des contacts ne s'établissent pas avec le lac en quelques points où celui-ci baigne à nu des rochers de calcaires urgoniens.

En somme la couverture semble imperméable en certains points au niveau de la mollasse, perméable au contraire au niveau des dépôts glaciaires et du calcaire urgonien.

Le fond de la cuvette serait selon les auteurs percé de deux failles :

1° Une faille ouest bien décrite par GORCEIX dans les termes suivants :

« L'apparition entre les deux rives du rocher de Châtillon qui comprend de l'ouest à l'est dans l'ordre normal, le

Valanginien, l'Hauterivien, l'Urgonien, ne paraît pouvoir s'expliquer si on tient compte de la stratification réelle et visible que par un relèvement local de l'axe du synclinal allant contrairement à ce que j'avais cru l'année dernière jusqu'à la production d'une faille cachée sous le lac.

Le poids du sommet du pli — couché aujourd'hui décapé profondément jusqu'au noyau jurassique et qui, forcément ne pouvant tenir en surplomb s'appuyait sur la partie est a pu causer ce basculement, mais bien que les coupes plus au sud n'exigent pas la présence absolue d'une faille, nous supposons cependant qu'elle règne tout le long du pied de la montagne du Chat et que c'est peut-être même même son prolongement qui se retrouve à Saint-Cassin au sud de Chambéry.

Au nord de Châtillon, la carte indique bien une faille mais elle longe la rive opposée ; il se pourrait bien que ce fut la même qui alors ferait un crochet autour du pli-couché tout à fait localement en ce point par une exagération de sa torsion, beaucoup plus faible au nord qu'au sud ».

2° LORY avait décrit une grande faille verticale qui aurait limitée vers l'ouest, le massif des Bauges. Les études de LUGEON, vers 1899, ont montré qu'une pareille faille n'existe pas.

REVIL décrit un pli-faille dans les termes suivants :
« Au sud de la voie ferrée et dans le voisinage des rochers de Saint-Victor, tout le flanc occidental de l'anticlinal du Revard a été entamé par l'érosion ; on peut voir les divers niveaux du crétacé inférieur (Urgonien, Hauterivien, Valan-

ginien) se présenter en bancs verticaux à prolongement ouest tandis que les formations du même niveau de l'autre flanc de l'anticlinal n'inclinent à l'est que d'environ 25°. Ces derniers forment une falaise abrupte d'où tombe une cascade (cascade du Ru) dont les eaux se perdent partiellement dans les éboulis, et peuvent ainsi pénétrer dans les joints de stratification des assises rocheuses constituant ce versant de la chaîne.

Au sud-est du hameau de Mentens, l'érosion a mis à jour un ensemble d'assises appartenant à la série jurassique et les dislocations présentant une plus grande intensité. Les bancs urgoniens du flanc occidental dont l'allure générale est à l'inclinaison ouest arrivent directement au contact avec les couches du Jurassique supérieur qui plongent à l'est ; quelques mètres plus loin, on trouve avec la même allure l'Hauterivien caractérisé par de nombreux exemplaires du *Toxaster retusus*, afin plus loin encore, c'est le Valanginien qui se relève contre le Tithonique consistant en couches rognonneuses disposées en petits lits reposant en ce point sur les calcaires de la série néocomienne étirée et plongeant en sens inverse : il en est donc séparé par un pli-faille ».

KILLIAN a décrit différemment cet accident qu'il représente comme une surface de contact anormal ou de refoulement important par l'anticlinal du Revard.

Il résulte écrit cet auteur : « des études récentes qui ont été faites dans les prolongements méridional et septentrional de la chaîne du Revard-Nivollet et dans les vallées transversales qui l'entament tant aux environs de Chambéry qu'au nord-est d'Aix (pont de l'Abîme) et au Semnoz

que la chaîne du Revard représente une masse anticlinale nettement refoulée vers l'ouest et chevauchant les assises mollassiques et urgoniennes des environs d'Aix-les-Bains qui vont s'enfoncer sous cette chaîne vers l'est ».

Conclusion du chapitre premier

En résumé, le bassin d'Aix-les-Bains constitue du point de vue hydrologique une unité bien définie. Ses limites sont précises et les expériences à la fluorescéine permettent de leur donner une configuration exacte. Il s'agit d'une cuvette de marnes hauteriviennes imperméables relevées le long des anticlinaux à l'est et à l'ouest, largement ouverte au nord. Sa couverture est formée par des calcaires urgoniens où par suite de l'érosion et de nombreuses fissures des voies d'eau sont ouvertes largement. Dans l'axe du synclinal, sur une assez grande étendue, régissent des mollasses imperméables, par dessus se trouvent en de nombreux points des boues glaciaires très facilement traversées par les eaux. L'infiltration se fait donc dans ce bassin en tous les points où l'érosion a mis le calcaire urgonien à nu au contact avec les boues glaciaires. C'est surtout sur les bords du bassin au pont où par suite du relèvement des couches, le calcaire urgonien affleure et aussi au niveau des petits anticlinaux qui plissent le fond de la cuvette où là encore affleure de l'Urgonien, que se fera l'infiltration.

Un point important est à retenir en outre : c'est la présence de deux failles dont l'une la plus importante longeant le Revard qui viennent fissurer le fond de la cu-

vette et permettent un contact entre les eaux de cette cuvette et les terrains plus profondément situés.

Il est possible qu'en suivant certaines couches imperméables des terrains recoupés par la faille dans la profondeur, viennent des eaux qui auraient accompli un long cheminement. Mais il s'agit là d'une hypothèse purement gratuite.

CHAPITRE II

DESCRIPTION PETROGRAPHIQUE DES TERRAINS DU BASSIN D'AIX-LES-BAINS

Il existe un grand nombre de descriptions classiques des terrains du Bassin d'Aix-les-Bains. Il paraît intéressant de réunir ici ces documents sur lesquels nous pourrions nous appuyer lorsque nous discuterons l'origine de la minéralisation des eaux d'Aix. En outre sur un certain nombre de ces roches recueillies par M. le Professeur Agrégé ENSELME pendant l'été 1938, des coupes ont été préparées par le Laboratoire de Géologie de la Sorbonne, des examens microscopiques ont été pratiqués par M. le Professeur Agrégé VIRET chargé de Cours à la Faculté des Sciences de Lyon. Dans un deuxième paragraphe nous rapporterons le compte-rendu de ces examens microscopiques. Enfin, il nous paraît utile afin de mieux comprendre la structure intime de ces roches de donner dans un premier paragraphe une rapide revue de la paléogéographie du Bassin d'Aix.

I. Résumé de la paléographie du bassin d'Aix-les-Bains

On peut penser que jusqu'au Carbonifère, le Bassin d'Aix-les-Bains était recouvert par des mers profondes dont les dépôts sont actuellement métamorphisés. Ils n'affleurent nulle part dans la région.

Au Carbonifère se produit le plissement hercynien après lequel, la mer reviendra lentement, s'approfondissant peu à peu en un vaste mouvement transgressif débutant au Trias qui se prolongera pendant une partie du Jurassique, la transgression atteignant son maximum à l'époque oxfordienne.

Pendant toute cette période l'étude du Trias représente pour nous un des éléments les plus importants. A cette période la chaîne hercynienne est presque déjà démolie, il n'en reste plus que quelques îlots : Plateau Central, Alpes Occidentales, région Corso-Sarde. Dans la région qui nous occupe règne un régime pseudo-lagunaire avec forte évaporation aboutissant à la constitution de dépôts de gypse et de sel marin.

A partir de l'Oxfordien jusqu'au début du Crétacé se produit un mouvement de régression.

Au début du Crétacé, la mer va reprendre possession des régions abandonnées et s'approfondir partout. Ce mouvement régressif puis transgressif est surtout marqué au niveau du Jura, il est très discret dans la Savoie.

Pendant le Crétacé inférieur se déposent les terrains qui constituent la plus grande partie du sol profond de la cuvette d'Aix-les-Bains (Hauterivien, Urgonien). A ce moment une fosse profonde se dessine au sud de Die, Nyons, Digne et Gap, c'est la fosse Vocontienne du nom

des Voconces peuplade qui habitait autrefois les environs de Die. Au nord de cette fosse se trouve les chaînes subalpines qui nous intéressent : on y voit des alternances plusieurs fois répétées, faciès à calcaire zoogène peu profonds et de faciès marneux plus profonds, c'est un type dit mixte qui trouve son expression la plus nette dans le massif des Bauges, à l'est d'Aix-les-Bains. Au contraire à l'ouest et au nord règne un type dit jurassien riche en faciès littoraux et moins profonds. La région d'Aix constitue donc un type intermédiaire, type mixte qui s'oppose à la fois au type profond de la fosse Vocontienne et au type plus superficiel Jurassien.

Pendant le Tertiaire, au cours de l'Oligocène, commence à se soulever la chaîne alpine, dès lors les mers ne feront plus que contourner cette chaîne « en empruntant les dépressions qui les bordent encore aujourd'hui » (GIGNOUX). Des mollasses se déposent dans la région d'Aix à des époques diverses.

Enfin au Quaternaire les glaciers recouvrent cette région et laissent des boues glaciaires qui recouvrent partiellement le bassin d'Aix.

II. Description pétrographique et stratigraphique des terrains de la région d'Aix

Il convient de décrire successivement les terrains formant le fond du bassin avec lesquels les eaux sont sans doute en contact permanent, les terrains qui recouvrent les précédents et enfin les terrains qui entrent peut-être en contact avec les eaux par l'intermédiaire des failles.

A. — LES TERRAINS HAUTERIVIENS FORMANT LE FOND
DE LA CUVETTE

GIGNOUX a donné une vue d'ensemble de ces terrains qui constituent une partie de la région des chaînes subalpines. Sur les calcaires valanginiens écrit cet auteur : « l'Hauterivien débute par une couche glauconieuse ou phosphatée très mince (quelques décimètres), mais très fossilifère que l'on suit du Vercors jusque dans le Genevois. Au-dessus reparaissent des faciès plus profonds rappelant le type vocontien ; marnes et marno-calcaires à *Crioceras Duvati*.

Enfin le sommet est de nouveau un peu moins profond : ce sont des marnes un peu gréseuses, dites marnes à spatangues à cause de l'abondance des *Toxaster retusus* ».

Voici par ailleurs une description détaillée des roches de cet étage dans la région d'Aix-les-Bains d'après divers auteurs :

1° Dans la feuille de Chambéry, l'Hauterivien est décrit ainsi :

Marno-calcaires à *Toxaster retusus*, *Exogyra Couloni*, etc. représentant la partie inférieure du Barrémien.

Couches glauconieuses assez pauvres en phosphates, à *Holcostephanus Sayni* (*H. Astieri*, var.), *Hoplites* (niveau d'eau).

2° Dans la feuille d'Annecy, l'Hauterivien est décrit ainsi :

a) Dans les chaînons du Salève : se compose de deux parties : calcaires zoogènes et oolithiques, microbrèches à zones siliceuses au sommet, marnes et marno-calcaires fossilifères à la base (*Toxaster retusus*, *Rhynchonella multiformis*, *Terebratulula acula*, *Exogyra Couloni*, *Janira atava*, *Trigonia caudata*, *Leopoldia Leopoldinum*, *Hoplites salevensis*,

Acanthodiscus radiatus, *Holcostephanus*, *Astierianus*, *Crioceras Duvali* *Duvalia dilatata*). A la montagne de la Balme, on retrouve les mêmes niveaux ; *Leopoldia desmoceroïdes* a été recueilli à Chaumontet.

b) Dans la région préalpine : l'Hauterivien se compose de calcaires grisâtres plus ou moins schisteux, parfois avec silex. Fossiles au Col de Reiret : *Crioceras Duvali*, *Astiera Astieri*.

c) Dans la région subalpine l'Hauterivien est séparé de l'Urgonien par une couche calcaire roux spathique à silex (Barrémien inférieur). Puis viennent des calcaires siliceux (spicules de Spongiaires), des marnes blanchâtres à *Toxaster Retusus* et *Exogyra Couloni* des marno calcaires à Céphalopodes ; puis enfin des calcaires à entroques ferrugineux au milieu desquels s'intercalent dans tout le Genevois une mince couche glauconieuse très fossilifère à Digny ; la Balme de Thuy, Usillon (*Neocomites neocomiensiformis*, *Crioceras Duvali*, *C. Emerici*, *Acanthodiscus radiatus*, *Duvalia dilatata*) et qui sépare Hauterivien et Valenginien. A Platé et au Rocher de Cluses apparaissent des calcaires spathiques épais, formant falaise. Dans le massif de Criou et aux Avoudruz existent déjà les faciès de la Dent du Midi (Calcaires bruns à spatangues au sommet, calcaires gris valanginiens à la base).

3° Dans une étude de M. HOLLANDE sur les environs de Chambéry en 1892. l'Hauterivien est décrit en trois points :

a) Dans l'Anticlinal des monts Grelle-L'Epine au Mont du Chat : ces dépôts sont recouverts par des marnes bleuâtres à *Am. radiatus* et des marno-calcaires à *Ostrea Couloni* et *Toxaster complanatus* ; puis au delà de Conjux, par les calcaires jaunes de Neuchâtel.

b) L'Anticlinal Otheran-Corbelet à Aix-les-Bains et la Chambotte : A la base de l'Hauterivien on rencontre des marno-calcaires verdâtres glauconieux avec *Am. radiatus*, *Am. Leopoldinus*, *Am. Astierianus*, *Nautilus pseudo-elegans*, *Bel. pistilliformis*, *Rhynchonella Desori*. Ce niveau, généralement peu développé comme épaisseur, est un excellent point de

repère, car il est constant dans le massif de la Grande-Char treuse aussi bien que dans le massif des Bauges et le Jura méridional.

Sur ce niveau à *Am. radiatus* reposent des marno-calcaires ou des calcaires en petits bancs, quelquefois encore des couches noires rognonneuses, argiluses et renfermant en abondance *Ostrea Couloni* et *Toxaster complanatus*. Ces différentes formations sont assez fossilifères et constituent aussi un horizon très constant dans le Jura, la Grande-Char treuse, les Bauges et bien au delà jusque dans le Valais. On y trouve ici : *Am. subfimbriatus*, *Cardium peregrinum*, *Cardium subhillanum*, *Trigonia caudata*, *Panopaea neocomiensis*, *Waldheimia tamarindus*, *Arca Robinaldia*, *Rhynchonella multiformis*, *Holactypus macropygus*, *Holaster cordatus*, *Echinobrissus Renaudi*, etc.

L'Hauterivien se termine dans notre région par des calcaires jaunes avec *Panopoea arcuata*; en général ces calcaires sont pauvres en fossiles

c) L'Anticlinal du mont de Joigny au Nivollet :

On y trouve des marnes glauconieuses avec *Am. leopoldinus*, *Am. radiatus*, *Nautilus pseudo-elegans*, etc. où elles forment généralement tout le bord ouest des hautes prairies. Ces prairies sont sur les marno-calcaires à *Spatangues*, formant vers la source de la Doria un amas de marnes noires avec de nombreux rognons de calcaire plus ou moins siliceux sur lesquels on rencontre souvent *Ostrea Couloni* et *Toxaster complanatus*. Avec ces fossiles abondants à ce niveau on peut encore citer *Trigonia caudata*, *Pholadomya elongata*, *Panopaea neocomiensis*, *Toxster Collegnoi*, *Pysaster ovolum*, etc. Enfin, les calcaires jaunes de Neuchâtel y sont représentés.

4° A la montagne de Mandalaz, M. MORET donne la description suivante de l'Hauterivien :

Le chemin qui part de Chaumontet pour gravir l'abrupt de Mandalaz conduit à une carrière de ce terrain creusé dans le talus incliné. On peut y relever une bonne coupe.

De bas en haut on a successivement :

1° Calcaire oolithique jaune pâle (oolithes ne dépassant pas un millimètre de diamètre).

2° Calcaire cristallin très dur à filons de calcite.

3° Calcaire ocreux en surface, bleu en profondeur, assez tendre contenant de nombreux rognons de silex noirâtre.

4° Marno-calcaires bleus et jaunes à *Toxaster complanatus*, fossilifères.

On y recueille : *Toxaster complanatus* en abondance, *Plicatula asperrima*, *Ostrea Couloni*, *Terebratula proelongata (acuta)*, *Taw.*, *Janira Atavus*, *Rhynchonella multiformis*, *Leopoldia cf. desmoceroïdes*, *Belemnites* sp. quelques coraux.

L'Hauterivien de Mandalaz, facilement érodé par les eaux atmosphériques ne forme pas de falaise mais un plan incliné. Il affleure tout le long de la chaîne pour disparaître à la Balme.

On le retrouve plus loin au village d'Allonzier, où il est exploité de chaque côté de la route de Choisy. A droite de la route, en allant au lieu dit « Entre-deux-Pierres », on peut relever une bonne coupe dans une carrière. On a de haut en bas :

1° Calcaire urgonien inférieur blanc saccharoïde par places à sections de gros rudistes. Il affleure dans la route même. On peut y constater la présence d'un petit banc calcaire gréseux, verdâtre, pyriteux intercalé.

2° Calcaire gris-bleu passant peu à peu à de gros bancs compacts veinés de calcite cristallisée. Ce calcaire est pétri de fossiles par places. On y recueille surtout de grosses *Rhynchonella multiformis*, *Terebratula acuta*, *Ostrea rectangularis*.

3° Calcaire granuleux d'un blanc jaunâtre parfois lavé de gris. Passe peu à peu à un petit lit jaune pâle de marno-calcaires. On y recueille des oursins, des *Terebratula acuta*, des *Rhynchonella multiformis*, des *Alectryonia rectangularis*.

4° Calcaire blanc grisâtre crayeux avec polypiers.

5° Marno-calcaires jaunes avec mêmes *Rhynchonella*, *Terebratula*, *Echinides*, *Nucleopygus Roberti*, *Pholadomya* (très abondantes).

6° Calcaire gris-brun compact (mêmes fossiles).

7° Marno-calcaires bleus avec trainées jaunâtres. Ce banc est caractérisé par une extrême abondance de *pholadomya gurgitis* = *P. Prevosti* brgt.

On peut y recueillir en outre : *Toxaster complanatus*, *Ostrea Couloni* *Belemnites* sp.

Les bancs supérieurs de cet Hauterivien se prolongent jusqu'au sommet de la montagne d'Allonzier dont ils forment la crête. Ils sont recouverts du côté du pont de la Caille par le calcaire urgonien. A gauche de la route, en face de la carrière, les bancs du Crêt de la Dame sont constitués par des calcaires durs de l'Hauterivien supérieur. Nous y avons recueilli *Alectryonia rectangularis*, *Rhynchonella multiformis* et un polypier.

Dans la carrière précédente, on peut remarquer une petite faille ayant produit la dénivellation des lits. Les surfaces de glissement sont encore bien marquées et tapissées de larges plaques de calcite.

L'Hauterivien apparaît plus au Nord dans la cluse des Usses. Au-dessous de la Mollasse et de l'Urgonien viennent successivement :

1° Bancs calcaires jaunes spathiques.

2° Bancs calcaires jaunes en surface bleus en profondeur. Il s'y intercale des lits calcaires gréseux, jaunes, gris, verts ou noirs, ces derniers très fissiles. On y rencontre encore le long du chemin des bains un banc siliceux compact.

3° Marnes bleues avec miches calcaires très dures alignées. On y recueille surtout *Exogyra Couloni*, quelques *Toxaster complanatus* et *Panopaea gurgitis*. Ces marnes sont creusées en marmites d'érosion par les Usses.

5° Dans un rapport présenté par M. KILIAN, on peut lire :

Les calcaires néocomiens des chaînes subalpines, jaunâtres à l'extérieur, présentent d'autre part fréquemment une coloration bleuâtre dans leurs parties non exposées à l'air, teinte due à la présence de fines particules de pyrite ou sulfure de fer. A la suite des infiltrations, ce sulfure de fer, sous l'effet des eaux acidulées subit une décomposition et se

transforme en sulfate de fer en présence du carbonate de chaux et de l'acide carbonique, puis le fer se précipite à l'état de carbonate insoluble, et il se produit du sulfate de chaux ; ce dernier peut être réduit partiellement sous l'influence de matières organiques, en hydrogène sulfuré, en soufre et en hyposulfites alcalins, en sulfure de calcium, etc.

6° Dans sa thèse, REVIL décrit l'Hauterivien de la Savoie de la façon suivante :

L'Hauterivien des chaînes du Corbelet, du Nivôlet et du Margériaz peut, comme celui de la région jurassienne, se subdiviser en deux sous-étages : 1° marnes à *Hoplites Acanthodiscus radiatus* ; 2° marno-calcaires à *Toxaster retusus* Lam. Par contre, ces deux niveaux ne peuvent plus être distingués de façon aussi nette dans les chaînes inférieures des Bauges. Il est même parfois difficile de placer une limite exacte entre le Valanginien et l'Hauterivien. Toutefois dans ces chaînes, c'est encore à la partie supérieure de la formation que les toxaster se trouvent en plus grande abondance. Le fait peut s'observer près du pont d'Escorchel, sous le Châtelard où les assises renfermant des Spalangues (*Toxaster retusus* Lam.) y sont directement recouvertes par des calcaires jaunes gréseux que nous classons à la partie inférieure au Barrémien.

Avec M. Lugeon nous avouons n'avoir pas retrouvé la couche glauconieuse que M. Hollande dit être constante dans les Bauges. L'Hauterivien y est généralement peu fossilifère et appartient au faciès vaseux qui, d'après M. Haug est également très développé dans le Genevois.

L'assise qui, dans la montagne du Corbelet, succède aux couches à *Alectryonia rectangularis*, consiste essentiellement en marnes argileuses bleuâtres ou grisâtres, jaunes par altération et se délitant dès qu'elles sont exposées à l'action d'air. Elles sont glauconieuses à leur partie inférieure et ont alors une teinte jaunâtre plus accusée. L'espèce la plus abondante à ce niveau est *Belemnites (Biholites) pistillirostris* (= *pistilliformis*) dont j'ai recueilli quelques

exemplaires assez bien conservés dans le sentier conduisant aux pâturages situés au-dessous du crêt urgonien appartenant au flanc oriental du pli. Les couches supérieures sont des plus foncées et disposées en bancs plus compacts renfermant des ammonites de grande taille, mais généralement mal conservés. Cet ensemble d'assises peut s'étudier facilement au-dessus du bois de « Chabran » où se trouvent de gros bancs inclinant à l'ouest et renfermant d'assez nombreux fossiles. Les prés avoisinant le hameau de La Combaz sont sur ces mêmes couches, mais, il est difficile, en ce point, d'en déterminer la puissance d'une façon exacte. A ce niveau, j'ai recueilli un certain nombre d'espèces, parmi lesquelles je puis citer : *Belemnites (Hibolites) pistillirostris ipistilliformis* Blainv. p. p.) *Belemnites (Duvalia) dikatatus* *Nautilus pseudo-elegans*, *Hoplites (Acanthodiscus) radiatus*, *Hoplites (Leopoldinus)* et variétés.

Les assises succédant aux couches à Céphalopodes consistent en calcaire marneux disposés généralement en bancs plus épais en lits stratifiés d'une façon plus régulière et s'y reliant intimément. Le passage des marnes aux calcaires est insensible ; il s'opère par l'adjonction de petits bancs calcaréo-marneux qui s'intercalent au sommet du massif des marnes.

A leur partie supérieure ces assises contiennent fréquemment de petites concrétions ferrugineuses. En certains points, on y remarque des rognons volumineux (« miches ») qui s'alignent en rangées régulières simulant des assises « murillées ». C'est ainsi qu'elles se présentent dans le bois de Chabran, non loin du hameau de La Combaz où les lits paraissent uniformes, mais sont en réalité de consistance peu homogène et où il y a souvent enchevêtrement de marnes et de calcaires marneux. Ces couches constituent à proprement parler, le véritable niveau du *Toxaster retusus* qui riches en fossiles : *Exogyra Couloni* DeFrance, *Panopoea neocomiensis* Ag., *Crasatella Robinaldina* d'Orb., *Cardium perigrinum* d'Orb., *Pecten (Janira) neocomiensis* Ag. sp., *Venus*

Robinaldina d'Orb. *Trigona carinata* Ag., *Toxaster retusus* Lam., *Holaster cordatus* Dubois, etc..

Au-dessus d'un banc de calcaire compact bleuâtre, entremêlé de marnes glauconieuses viennent des couches tranchant brusquement comme teinte et comme texture avec les banes précédents. Elles nous paraissent déjà appartenir au Barrémien inférieur ; nous les étudierons dans le paragraphe suivant.

L'Hauterivien de la chaîne du Nivollet peut s'observer sur les flancs de la montagne du Pennay, au-dessus de Saint-Jean-d'Arvey (rive gauche la Doria) où il débute par des marnes grises à fragments de belemnites (hibolites sp.) et par des calcaires gréseux à teinte rousse et à grain spathique, ici peu fossilifères. Ces assises représentent le niveau à *Hoplites* (*Acanthodiscus*) *radiatus* et sont surmontées par des marno-calcaires, où je n'ai recueilli que quelques mauvais moules de bivalves (*Pholadomya neocomiensis* Ag., *Pecten* (*Janira*) *atavus* d'orb. s. ; *Astarte* sp., *Cardium* sp.). Viennent ensuite des calcaires en lits de 0 m. 30 à rognons de silex ou *Toxaster retusus* am. et *Exogyra Couloni* DeFrance sp. se rencontrent en abondance, principalement à la partie inférieure. Ces couches offrent une certaine épaisseur et sont directement surmontées par des calcaires jaunes du Barrémien inférieur.

Les schistes argileux à teinte bleue de la base de l'Hauterivien affleurent également sur l'autre rive de la Doria où ils renferment *toxaster retusus* lamk. et où ils sont surmontés dans les prés du Nivollet par une grande épaisseur de marno-calcaires peu fossilifères, à rognons de silex, qui supportent des banes plus marneux, de teinte gris-jaunâtre, où *Exogyra Couloni* DeFr. sp. et *Toxaster retusus* amk. sont d'une extrême abondance. On peut récolter de nombreux exemplaires de ces fossiles sur le chantier qui conduit au chalet du « Sire » immédiatement au-dessous de bancs compacts de teinte jaune que nous considérons comme appartenant au Barrémien inférieur.

Plus au Nord, et à partir du passage du Croz, l'Hauterivien se développe sur le sommet même de la montagne. Le

niveau supérieur est très fossilifère près des chalets du Revard : *Pecten (Janira) atavus* d'Orb. sp., *Panopoea neocomiensis* d'Orb ; *Exogyra Couloni* Def. sp., *Rhynchonella multififormis* Roem., *Terebratula proelonga* Sow. (= *acuta* Qu.), *Toxaster retusus* Lamk.

Les couches du même horizon se retrouvent encore près des chalets de la Cluse, et, non loin de là, une petite prairie désignée dans le pays sous le nom d'« Equerolle » nous a permis de recueillir un certain nombre de bivalves, de brachiopodes et d'échinides.

Dans la montagne de Banges, et sur le sentier conduisant des chalets « Mermet » aux chalets de la « Plattaz » affleurent des calcaires marneux bleuâtres un peu schisteux représentant le niveau à céphalopodes. A l'Est viennent des calcaires jaunâtres avec bancs marneux à « miches » avec *toxaster retusus* lamk. et ostracés. J'ai trouvé à la base de ces calcaires, près des chalets de la Plattaz un exemplaire de grande taille de l'hoplite (*acanthodiscus*) *radiatus* Brugière sp. M. Lugeon cite de cette localité hoplite (*leopoldia*) *leopoldinus* d'orb. sp. Le même auteur indique encore des couches à céphalopodes dans la montagne du Semnoz près des maisons du hameau de « Mont-sur-Allèves », où elles sont surmontées par les assises à *toxaster retusus* lamk. J'y ai trouvé également quelques fragments d'hoplites sp.

Les deux niveaux Hauteriviens peuvent se distinguer dans le chaînon du Margériaz. Aux calcaires du Valanginien succèdent à l'Est de Thoiry, et au bord de la route conduisant au Col des Prés, des marnes grisâtres peu fossilifères que surmontent des marno-calcaires de teinte plus claire à *Toxaster retusus* Lamk. et *Exogyra Couloni* Defr. sp.

Des bancs à céphalopodes s'observent dans la vallée des Déserts au-dessous du Col d'Averne, où M. Hollande a signalé hoplites (*acanthodiscus*) *radiatus* Brug. sp. Cette assise se continue plus au Nord s'élevant assez haut sur le versant de la montagne, toujours surmontée par des marno-calcaires jaunâtres à *toxaster*. Ceux-ci peuvent s'observer encore

sur le sentier qui, du hameau « Le Crozet », conduit sur le plateau supérieur.

Les marno-calcaires à Spatangues existent aussi sur les flancs de la montagne de Rossane ainsi que près du pont d'Escorchevel, sous le Châtelard et toujours à la partie supérieure de l'étage. Dans cette dernière localité, ils consistent en gros bancs de calcaire bleuâtre mêlés de quelques lits marneux où nous avons recueilli *pholadomya elongata* Munster et plusieurs exemplaires de *Toxaster retusus* Lamk. M. Lugean cite du même gisement : *Pecten (Janira) atavus* d'Orb., *Eudeisia semistriata*. *Rhynchonella lata* d'Orbigny.

Dans les chaînes plus orientales, le faciès de l'Hauterivien se modifie et, sur le flanc occidental du Trélod, au-dessus des chalets des « Ecuries » succèdent aux calcaires sub lamellaires du Valanginien supérieur des marnes bleuâtres en petits lits et des calcaires marneux de teinte foncée où on ne trouve ni bivalves, ni échinides.

C'est avec les mêmes caractères que la formation hauterivienne se présente sous l'Arclusaz et sous l'Armenaz où elle a une grande épaisseur et où on ne peut établir de subdivisions. Elle peut aussi s'étudier en remontant la combe d'Orgeval ; elle consiste en marno-calcaires en petits lits, en schistes très feuilletés dans lesquels s'encaissent les nants d'Orgeval et du Haut-du-Four. Des assises de même nature forment le sous-sol des pâturages de Coutagne, d'Orgeval, Chenevière, etc. Elles affleurent au col même d'Orgeval pour se continuer au Nord dans le vallon de Saint-Ruph.

On ne trouve plus dans tout cet ensemble ni bivalves, ni échinides, mais quelques céphalopodes : *hoplites* sp., près des chalets d'Armenaz, *crioceras duvali* lev., dans un calcaire vert stratifié au milieu des marnes (Vallon de Saint-Ruph). Ces marnes des chaînons orientaux des Bauges présentent le faciès vaseux à Céphalopodes (faciès bathyal) si bien représenté dans le Genevois où il est parfois très fossilifère. Elles peuvent également être assimilées aux couches de la montagne des Voirons, dont la faune rappelle celle de la région delphino-provençale, ainsi que l'ont établi les étu-

nes paléontologiques si remarquées de M. Pictet et de M. de Loriol.

Faisons remarquer que le faciès jurassien de l'Hauterivien présente dans les Bauges une extension un peu plus grande que celle du Valanginien. En effet, les couches à échinides et bivalves se retrouvent jusqu'aux environs du Châtelard, tandis que celles de l'étage inférieur ne dépassent pas le chaînon de Margériaz.

B. — LES TERRAINS FORMANT LA COUVERTURE DE LA CUVETTE D'AIX-LES-BAINS

Au-dessus des marnes hauteriviennes se trouve la puissante assise des calcaires urgoniens, celle-ci forme une épaisseur de terrains calcaires dans lesquels l'érosion a creusé des galeries très souvent parcourues par des fleuves souterrains. Les gorges du Sierroz la grotte des Serpents à Aix-les-Bains sont autant d'exemples de ces vastes entailles que les eaux peuvent créer dans ces calcaires.

Au-dessus de ces calcaires règnent spécialement des mollasses puis des boues glaciaires ; nous allons successivement décrire ces différentes formations :

Les terrains urgoniens. M. GIGNOUX donne la description générale suivante de ces terrains dans la région des chaînes subalpines.

« Le Barrémien inférieur mal défini, semble représenté par quelques bancs de calcaires jaunes formant le sous-bassement de l'immense masse des calcaires urgoniens.

Nous retrouvons là, en effet, un faciès récifal iden-

tique à celui des calcaires d'Orgon, mais atteignant une épaisseur plus grande ; ces hautes falaises urgoniennes constituent la plupart des sommets des chaînes subalpines dressées comme des bastions entre les plaines tertiaires et le sillon subalpin.

Ces calcaires renferment de temps en temps des intercalations marneuses dites couches à *Orbitolines* déterminant de minuscules corniches herbeuses et parfois assez fossilifères pour fournir de précieux repères stratigraphiques. Celles qui sont intercalées vers le milieu de l'Urgonien ont fourni une faune de la base de l'Aptien (couches à *Orbitolines* inférieures) ; et on en observe parfois au sommet de cet Urgonien avec une faune de l'Aptien supérieur. Donc les calcaires urgoniens semblent le plus souvent correspondre au Barrémien supérieur et à l'Aptien inférieur ce que l'on a pu établir aussi en étudiant le passage latéral de ces calcaires vers le sud aux formations typiques à Ammonites de la fosse Vocontienne. »

Différents auteurs en ont donné les descriptions suivantes :

1° Dans la feuille Chambéry, l'Urgonien est décrit ainsi :

Calcaire blanc ou gris clair à *requenia* et *touscasia*. Le calcaire urgonien est souvent en bancs fendillés, crevassés formant des Lapias au sommet des montagnes dans la zone subalpine. Dans le Jura méridional, il est le plus souvent adossé à la base du flanc droit des anticlinaux. Certains bancs sont exploités comme pierre de construction (Aix-les-Bains...) bonne pierre à chaux pour la fabrication du carbure de calcium.

Calcaire grumeleux, à délits jaunes, avec *Orbitolines*, *Pygaulus depressus*, etc..

Calcaire blanc à *Requienia ammonia*. Ces deux derniers niveaux de calcaire appartiennent à la partie supérieure du Barrémien. Le calcaire blanc à *requienia ammonia* est en grande masse formant les dents des montagnes de la zone subalpine, imprimant ainsi à ces chaînes leur trait caractéristique. Son épaisseur dépasse souvent trois cents mètres.

2^o. Dans la feuille d'Annecy, l'Urgonien est décrit ainsi :

a) Dans les chaînons du Salève, il comprend : la masse urgonienne supérieure, calcaires blancs crayeux uniquement visibles à Bromines ; les couches à Orbitolines très fossilifères à Ferrières (*Echinobrissus Roberti*, *Heteraster oblongus*, *Pigaulus*, *Desmoulinsi*, *Toucasia carinata*, *Matheronia glyphoïdes*, m. *apsiensis*, *Requienia Pellati trilobata*, *Ostrea harpa*, *Rhynchonella lata*, *Terebratula sella*, *Plerocera pelagi*, *Nerinea*, etc.) la masse urgonienne inférieure, très fossilifère au-dessus de Chaumontet où des niveaux crayeux fournissent *Requienia ammonia*, *rhynchonella Renauxiana*, *Rh. gibbsiana*, *Terebratula sella*, *Cidaris cornifera*. L'Urgonien inférieur est riche en Rudistes à Cruseilles. A Essert il a fourni une faune spéciale étudiée par M. de Loriol.

b) Dans la région préalpine l'Urgonien se compose de schistes noirs du col de Reiret (p. Bonneville), plaques à Orbitolines et schistes grése-glauconieux des Mouilles (Albien) (nappe ultrahelv. de Sulens).

c) Dans la région subalpine, l'Urgonien est formé de ses deux masses séparées par une épaisse couche à Orbitolines (*Orbit. lenticularis*, *O. conoïde*, *Toucasia carinata*) dans la partie septentrionale du Semnoz. La masse inférieure renferme *Matheronia lovetchensis*, *requienia ammonia* et *Agria* sp. au Château d'Annecy ; la masse supérieure est caractérisée par de petits Rudistes (*Toucasia carinata*, *Requienia Lonsdalei*). Ces trois divisions nettes se retrouvent à la montagne de Veyrier mais pas au delà, où des couches à Orbitolines peuvent exister à des niveaux variables. Des faciès à dolomies coïncidant avec l'apparition de Polypiers se montrent à La Tournette. Dans le Haut-Giffre l'Urgonien

devient gris et renferme, à Samoëns, des *Pseudostromatopores* (*Zonatelles*).

3° Dans l'étude de M. HOLLANDE sur les environs de Chambéry en 1892, l'Urgonien est décrit en trois points :

a) Dans l'Anticlinal des monts Grelle-l'Epine au Mont du Chat :

Plus au Sud l'Anticlinal est recouvert par de gros bancs de calcaire blanc, compact, de l'Urgonien, à *requienia ammonia*.

b) L'Anticlinal Otheran-Corbelet à Aix-les-Bains et La Chambotte :

L'Hauterivien est recouvert par des calcaires blancs en bancs très puissants et rappelant par leur masse aussi bien que par leur faune des récifs coralligènes. Les réquiénies, chames ou caprotines y sont souvent enchevêtrées en quantité considérable, malheureusement toujours difficiles à dégager. Je citerai principalement *requienia ammonia* qui caractérise le niveau inférieur de l'urgonien. Ces calcaires blancs forment les rochers couverts de maquis des montagnes de la Grande-Chartreuse et des Bauges ; et lorsque la végétation disparaît accidentellement ou intentionnellement, la petite couche de sol arable est vite balayée par les eaux sauvages ; alors, ce n'est plus qu'un amas de pierres et de crevasses enchevêtrées dans tous les sens. Aussi, ces calcaires, quoique compacts, forment-ils un sol très perméable. Les fentes et les crevasses, ou scialets, y constituent une véritable canalisation par où l'eau pénètre, ainsi que les neiges qui, passant à l'état de névé puis de glace, y forment des glaciers naturelles. Et comme ces calcaires reposent sur les couches assez argileuses de l'horizon à *Toxaster complanatus*, les eaux s'y arrêtent, en donnant des sources caliques bicarbonatées.

Tout le long de l'arête urgonienne de Saint-Thibault-de-Couz à Saint-Jean-de-Couz, sur ces premiers calcaires blancs, on rencontre des couches ocreuses, se détachant par plaques lumachelliques et où abondent des fossiles bien conservés ;

c'est le niveau à *heteraster oblongus* et *orbitolines* ; c'est le rhodanien de M. Renevier. Parmi les fossiles trouvés à ce niveau, soit sur le pendage ouest, soit sur le pendage est de cet anticlinal, je citerai :

Heteraster oblongus, *Heteraster Couloni*, *Pygaulus depressus*, *Echinobrissus Roberii*, *Orbitolina conoïdea*, *rhynchonella lata*, *Spondylus Roemeri*, *Janira neocomiensis*, *Pterocera pelagi*, etc...

Sur ces couches ocreuses et fossilifères, on trouve de nouveau des calcaires blancs et réquiénies : *requienia lonsdalii*, *requienia gryphoïdes*.

Les calcaires urgoniens présentent les mêmes caractères dans tout le massif de la Grande-Chartreuse ainsi que dans le Jura méridional.

Ces étages du crétacé inférieur se retrouvent au Nord d'Aix-les-Bains, à la Chambotte et aux montagnes de Cesens et du Gros-Foug. L'Hauterivien y est très fossilifère surtout au-dessus d'Entoger et le Valanginien inférieur y prend aussi des caractères coralligènes.

Les rochers urgoniens de Voglans, du Roi et d'Aix-les-Bains appartiennent à l'anticlinal du Mont Otheran. A Voglans, les bancs urgoniens forment voûte.

Au rocher du Roi, les couches sont aussi en voûte, mais comme elles sont en partie cachées sur les côtes par des alluvions, elles paraissent être au sommet du rocher sur un plan horizontal.

Dans le haut de la rue de Pugny, à Aix-les-Bains, les bancs de l'Urgonien sont peu inclinés.

Cependant les bancs urgoniens d'où s'échappe la source d'Aix-les-Bains sont fortement redressés ; c'est parce que le rocher d'Aix est rompu en pli-faille comme l'anticlinal du Mont Grelle au Mont du Chat, l'est au-dessus d'Aiguebelette ou de Chevelu. Enfin à la Chambotte cet anticlinal du Mont Otheran est de nouveau rompu en combe, comme au Corbelet.

c) L'Anticlinal du mont de Joigny au Nivolet :

La dent du Nivolet est formée par le calcaire urgonien. A

la base est un calcaire blanc assez dur avec *Requienia ammonia* ; *Cardium peregrinum*, *Rhynchonella lata*, etc... Le niveau à Orbitolines le recouvre ; mais, si l'on veut y faire une bonne récolte de fossiles, il faut se rendre sur le versant oriental, à la carrière des Essarts (1.150 m.) ; parmi les fossiles que j'y ai recueillis, je citerai : *Orbitolina conoïdea*, *Orbitolina discoïdea*, *Heteraster oblongus*, *Echinobrissus roberti*, *Pygaulus depressus*, *Pygaulus cylindricus*, *Diadema carthusianum*, *Pterocera pelagi*, *Pterocera Beaumontiana*, *Natica subloevigata*, *Trigonia caudata*, *Janira Morrisi*, *Rhynchonella lata*, etc.. Enfin ce niveau est ici recouvert par des bancs de calcaires blancs moins épais avec *requienia lonsdalii*. Ces calcaires blancs sont souvent ravinés sur une grande épaisseur formant ainsi de nombreux scialets ; ajoutons qu'à la partie supérieure de ces calcaires on trouve : *Natica mas-toïdea*, *Neritopsis Lorioli*, *Sphærulites Blumenbachi*, etc.

4° A la montagne de Mandalaz, M. MORET donne la description suivante de l'Urgonien :

Ce terrain entre pour une part considérable dans la formation de la chaîne. Il en constitue en quelque sorte la carapace. La colline de Poissy qu'il recouvre complètement, le flanc oriental de Mandalaz, la montagne de la Balme, le Crêt de la Dame lui doivent leur forme caractéristique. La grande falaise supérieure de Mandalaz est uniquement constituée d'Urgonien inférieur. C'est un calcaire blanc, dur, cristallin par places, se présentant tout le long de la chaîne avec les mêmes caractères. L'absence presque totale de carrières ne permet pas d'en étudier les fossiles. On peut cependant remarquer parfois des sections d'assez gros rudistes. Sa surface est souvent creusée en lapiaz, ou ciselée en gorges ou en cluses comme à Lovagny et à la Caille.

On peut remarquer à Lovagny et à Chaumontet, près de la scierie, une brèche calcaire jaunâtre intercalée dans ce terrain et qui n'est qu'un simple épisode de sédimentation.

A Lovagny, l'asphalte imprègne le calcaire. L'exploitation se fait par cinq galeries creusées dans la paroi rocheuse. Plus loin, au Crêt de la Cheminée, une petite entaille dans le rocher permet d'y recueillir d'assez beaux rudistes, et notamment *requienia ammonia* Goldf. Toujours plus au Nord, en dessus de Chaumontet, les couches supérieures de l'Urgonien ont été mises à nu pour l'exploitation. En ce point, il est en petits bancs très fossilifères. On peut recueillir :

Radioles de *Cidaris cornifera*, *Ag. Pecten*, *sp.*, *Rhynchonella Renauxiana* d'Orb., *Rh. gibbsiana*, *Rh. lata* d'Orb., *Trerebretula sella* d'Orb.

Les bancs les plus supérieurs ont subi la décalcification, mais les sections de fossiles plus dures sont restées en saillies. On peut alors y constater des polypiers, des radioles d'oursins et un grand nombre de micro-organismes.

L'Urgonien de la falaise de Mandalaz contient par places des nodules de fer hydraté. La partie supérieure est constituée de petits bancs, tandis que dans la partie inférieure, les bancs sont très épais. Ce terrain recouvre partout l'Haute-rivien. Mais il n'est pas recouvert uniformément des mêmes couches. Ainsi à Marny, il est flanqué du sidérolithique. A Bromines il supporte le Rhodanien, l'Urgonien supérieur et le Tertiaire à Ferrières, il n'a pour manteau que le Rhodanien, etc. Cela prouve l'extrême facilité avec laquelle ces terrains de couverture ont été déblayés par les eaux.

Les mollasses. Sont à la fois oligocènes et miocènes. Les mollasses oligocènes correspondent à l'Aquitaniien (Oligocène supérieur) ce sont des mollasses gréseuses avec marnes rouges. On peut reconnaître en outre des mollasses miocènes. La feuille de Chambéry donne la description suivante du miocène dans la région d'Aix :

« Le Burdigalien supérieur est formé de grès gris bleuâtre à ciment calcaire très dur ou bien s'effritant à l'air est très fossilifère en bancs fortement redressés le long

des anticlinaux jurassiens et reposant tantôt sur l'Aquitainien (Rocheron, Mont Chaffarou) tantôt sur le Néocomien ou sur le Jurassique (Sainte-Marie d'Alvey) : les fossiles caractéristiques sont *Pecten proescabriusculus*, *Echinolampas hemisphericus*, *E. scutiformis*, *Spatangus deydieri*, sp. *delphinensis* nombreux moules de *Lucina*, sp., *Venus Dujardini* ».

Le niveau tout à fait inférieur du Miocène de la vallée du Rhône (zone à *Scutella paulensis*) manque.

Les dépôts pléistocènes surtout formés par des boues glaciaires sont ainsi décrits sur la feuille de Chambéry. On distingue successivement de la surface à la profondeur les formations suivantes :

1° Ehm résultant du lavage des dépôts glaciaires superficiels.

2° Eboulis qui sont abondants à la base des crêts. A signaler spécialement une longue traînée de marno-calcaires due à une chute récente.

3° Tufs calcaires surtout développés dans la moitié ouest de la feuille.

4° Alluvions modernes et tourbes qui se rencontrent dans le fond des vallées autour des lacs du Bas-Bugey dans les marais de la Chautagne, de Lavours et dans les grandes vallées qui découpent les plateaux tertiaires et les dépressions occupées par de petits lacs (région de La Tour-du-Pin). On y trouve de la tourbe exploitée dans la vallée de la Bourbre. Ces tourbières ont fourni des coquilles actuelles et quelques rares ossements d'animaux actuels.

5° Alluvions fluvio-glaciaires qui sont des alluvions formés de sables plus ou moins grossiers et de graviers à cailloux bien roulés, le tout disposé en lits enchevêtrés. On les rencontre à différents niveaux.

6° Alluvions des basses terrasses et moraines internes. Dans les vallées de Montmélian à Chambéry et de Chambéry à Aix-les-Bains, des niveaux variant de 320 à 350 mètres on

rencontre des dépôts à cailloux striés formant souvent béton à une faible profondeur et constituant le Marc du pays. Dans les vallées ouest de la feuille, ces caractères disparaissent pour faire place à des alluvions déposées par les bras d'un ancien grand cours d'eau.

7° Alluvions interglaciaires sur les deux flancs des vallées de Montmélian à Chambéry et de Chambéry au lac du Bourget, à une altitude variant de 320 à 260 mètres, on rencontre immédiatement au dessous des alluvions des basses terrasses et moraines internes des alluvions fluviales formées de sable fin ou jaune d'argile avec lignites intercalés de gros sable, de gravier ou de lits de galets. L'ensemble représente les débris d'un ancien delta en couches assez régulières et faiblement inclinées de Montmélian à Chambéry et au lac du Bourget pour les dépôts inférieurs et en couches enchevêtrées pour les dépôts supérieurs où abondent des lits de gros sable, de gravier et de galets roulés.

8° Moraines externes dans les vallées de Montmélian à Chambéry et de cette ville au lac du Bourget, ou d'Aix-les-Bains au nord du plateau d'Epersy entre 500 et 700 mètres, on rencontre des dépôts glaciaires d'une couleur gris cendré avec cailloux striés. Ces dépôts glaciaires s'étendent à l'ouest sur toute la feuille, sur les plateaux où ils devaient former une couverture continue. Ils descendent parfois presque jusqu'à la vallée de la Bourbre dont le creusement serait pas conséquent antérieur. Les éléments qui les constituent sont franchement alpins ; on y remarque cependant quelques blocs calcaires souvent volumineux venant des chaînes jurassiennes voisines.

9° Blocs erratiques situés entre 800 et 2.000 mètres et alluvions fluvio-glaciaires. Au pas de la Fosse (altitude 876 mètres), au col d'Aiguebelette (altitude 848 mètres), au passage de l'Epine (altitude 1.003 mètres), etc., on rencontre des blocs erratiques de roches des grandes Alpes ; les alluvions y sont rares. De tels blocs se rencontrent aussi plus à l'ouest, par exemple sur le plateau d'Innimond où quelques-uns sont en calcaires nummulitique des Bauges.

Dans le cirque de Puisgros et le haut de la vallée de la Boisserette, etc., on a du glaciaire local à cailloux calcaires noirs du Jurassique et cailloux blancs du Crétacé inférieur.

10° Alluvions fluviatiles formées antérieurement aux glaciers (haute terrasse préglaciaire). On les rencontre principalement aux environs de Virieu-le-Grand et à l'entrée de la cluse de la Burbanche. Elles sont formées essentiellement de gravier et de sables assez fins et bien lités.

C. LES TERRAINS AVEC LESQUELS LES EAUX
PEUVENT ENTRER EN RELATION PAR L'INTERMEDIAIRE
DES FAILLIES

Nous serons forcément brefs sur ces terrains qui n'ont avec les eaux qui nous intéressent que des relations hypothétiques. Absent du bassin d'Aix-les-Bains nous les chercherons ailleurs dans la feuille de Chambéry qui en donne la description suivante :

Ils comportent :

1° *Valenginien et Berrasien*

a) Dans la feuille de Chambéry, le Valenginien et le Berrasien sont décrits ainsi :

α. — « Le Valenginien est formé de calcaires roux à silex avec *ostrea rectangularis*, etc. Ce fossile assez abondant dans le Jura méridional ainsi que dans la Combe de la chaîne du Corbelet n'est plus représenté que par de rares échantillons dans la chaîne du Nivolet.

Grand ensemble de calcaires et de marno-calcaires alternant ; on y trouve une lentille coralligène à *Valettia Tombecki*, sur le flanc ouest du Corbelet, Saint-Cassin (Savoie).

Calcaire bicolore à *Natica leviathan*, dans le Jura méridional.

β. — Le Berriasien est formé de marno-calcaires à *Hoplites Boissieri*. Niveau des ciments du plateau de Montagnole au sud de Chambéry (Savoie) où ils sont exploités (niveau d'eau). »

b) Dans la feuille d'Annecy, le Valanginien est décrit ainsi :

α. — « Dans les chaînons du Salève, il comprend des calcaires spathiques à *Electryonia rectangularis* au sommet, silex à la Balme, calcaires roux gréseux à la base.

β. — Dans la région Préalpine le Valanginien est de même composition que l'Hauterivien.

d. — Dans la région subalpine, le Valanginien est formé de schistes noires avec rares petites ammonites pyriteuses (*Phylloceras semi-sulcatum*, *Haploceras Grasianum*). Au Semnoz, calcaires du Fontanil (à Vovray) et calcaires à Polypiers silicifiés (Chalets de l'Abbaye, Feuilles Albertville. En certains points impossibilité de séparer Hauterivien et Valanginien. »

c) Dans l'étude de M. HOLLANDE sur les environs de Chambéry en 1892, le Valanginien est décrit en trois points :

α. — « Dans l'Anticlinal des monts Grelle-l'Epine au Mont du Chat : La coupe de Chanaz au lac du Bourget se continue par des calcaires bicolores et des marnes ocreuses en superposition directe sur le Purbeck. On peut y récolter :

Pygurus rostratus, *Natica leviathan*, *Pholadomya elongata*, *Jahira atava*, *Terebratula Carteroniana*, *Tereb*, *prælonga*.

β. — L'Anticlinal Otheran-Corbelet à Aix-les-Bains et la Chambotte : Le Valanginien présente à sa base des calcaires en gros bancs, assez compacts jaune, gris ou roussâtres avec *Natica leviathan*, *Natica waldensis*, *Natica Hugardiana*. Sur ces calcaires sont des marno-calcaires généralement ocreux avec *Ostrea tuberculifera*, *Waldheimia tamarindus*, *Nerinea Favrina*, *Terebratula Carteroniana* et *Ostrea Germani*. Ces marno-calcaires sont recouverts par des bancs de calcaires roux

assez fossilifères avec *Pygurus rostratus*, *Nerinea Etallonî*, *Pterocera Desori*, *Cardium subhillanum*, *Cidaris pretiosa*, *Echinobrissus Renaudi*, *Janira atava*? Enfin le Valanginien se termine par les assises à *Ostrea rectangularis*, avec *Pholadomya elongata*, *Trigonia Robinaldina*, etc.

La combe des Granges de Grapillon se prolonge sur tout le bord ouest du Corbelet de la Tête de Rouen et du Mollard pour s'arrêter un peu au-delà du village de la Combaz.

A la Combe du Corbelet, au Fornet et aux Prés de l'Eau-qui-sonne on trouve intercalé dans le Valanginien un récif coralligène dont la découverte est due à Mme Jarrin. Ce récif coralligène, résidu des vastes récifs coralligènes du Jurassique supérieur du Jura méridional peut être considéré comme étant une preuve de la marche progressive de ces récifs, de l'ouest à l'est dans notre région. Les polypiers y sont assez nombreux ainsi que les radioles d'oursins, mais en mauvais état; c'est le gisement des *Valletia Tombecki* (Munier-Chalmas).

A 5 kilomètres environ au sud du Signal de la Cochette (1.623 m.) dépendant de l'Anticlinal du Mont Otheran se trouve le hameau des Creux dans le bas duquel on rencontre le niveau des marnes à ciment de Montagnole si développées au nord de Corbel. Au sud de ce village, ces marnes reposent sur le jurassique ayant le faciès de celui de Lémenc, faciès alpin.

c. — L'Anticlinal du mont de Joigny au Nivolet :

Du pas de la Fosse aux Adrets d'une part et d'autre part du Pas de la Fosse ou Pas de la Coche, les marno-calcaires du Purbeck sont recouverts par un horizon assez fossilifère, où abondent en effet, les fossiles du niveau. J'indiquerai :

Phylloceras Calipso, *Hoplites occitanicus*, *Hoplites neocomiensis*, *Terebratula Carteroniana*, *Terebratula Moutoniana*, *Rhynchonella multiformis*, *Rhynchonella Malbosi*, *Disaster ovulum*, *Pygope diphoïdes*, etc.

Sur le chemin menant du Pas de la Fosse aux Adrets et le mont de Joigny, avec cette faune, on trouve *holcostephanus astieri*. J'ai rencontré le même niveau à Belvarde au pied du Mont Saint-Michel, puis en plusieurs endroits du massif

des Bauges et au-delà. Je le crois crétacé, c'est pourquoi je le maintiens à la base du Valanginien. »

d) A la montagne de Mandalaz, M. MORET donne la description suivante du Valanginien :

« Ce terrain forme la falaise médiane de Mandalaz. Il débute à sa base par de petits bancs d'un calcaire blanchâtre recouverts par une grande masse de calcaires jaune pâle souvent bleu en surface. Au-dessus viennent des calcaires jaunes-bruns, gréseux spathiques. Ces couches ne sont exploitées nulle part, leur accès est assez difficile. Nous n'y avons rencontré aucun fossile. »

2° Le Jurassique

a) Le Jurassique est présenté dans la zone subalpine voisine d'Aix-les-Bains.

On y trouve selon la notice explicative de Chambéry :

α. — « Du Puberckien caractérisé par un calcaire argileux avec empreintes d'*Otozamites* et marno-calcaires alternant sur le plateau de Montagnole (Savoie) avec calcaire grossier, riche en fossiles à l'état de moules mal conservés, polypiers, pointes d'oursins, dents de poissons, etc. Calcaire blanc sublithographique à *Preisphinctes Lorioli*.

β. — Du portlandien représenté par un calcaire rognonneux à *Hoplites privasensis*, *H. Chaperi*, etc., avec îlots de brèches à *Cidaris glandifera*, etc., calcaire compact à *Hoplites Callisto*, etc., calcaires tigrés tauraudés à la surface avec *Pygope Janitor* et lits marneux intercalés à *Apticus Beyrichi*.

d. — Du Kimeridgien caractérisé par un calcaire gris compact en gros bancs à *Phylloceras Loryi*.

b) Dans la région de Mandalaz, les terrains Jurassiques forment d'après M. MORET, le noyau de la voute tronquée

de la tête de Mandalaz dont ils constituent la falaise la plus inférieure. Ce sont des calcaires très compact et très durs donnant une excellente pierre de construction. Deux grandes carrières sont actuellement en pleine exploitation et en facilitent beaucoup l'étude.

On y trouve de bas en haut : le Portlandien, puis le Purbeck.

α. Le Portlandien est représenté par un calcaire blanc à grosses oolithes. Les fossiles qu'on y rencontre sont très empâtés ; on peut y reconnaître des sections de Coralliaires et de Nérinées, et un *Diceras*.

β. — Le Purbeckien est formé par les bancs les plus inférieurs qui sont constitués par un calcaire bleuâtre avec intercalation de petits lits très schisteux verdâtres et noirâtres. Au-dessus vient la brèche à cailloux noirs et à ciment brun caractéristique, identique à celle du Vuache et du Salève. Les bancs supérieurs sont formés d'un calcaire brun-jaune très compact. »

c) Les étages inférieurs au kimeridgien sont représentés par des affleurements plus distants du bassin d'Aix-les-Bains. —

On en trouve une description dans la feuille d'Annecy :

Le kimeridgien et le séquanien semblent être représentés par les formations suivantes :

Malm. — Calcaires gris et massifs, parfois riches en silex, avec fausse brèche à la base et bancs rognonneux. Ont fourni aux Voirons des fossiles séquaniens et kimeridgiens. Dans les collines du Faucigny, le Malm est fossilifère et permet de distinguer des calcaires compacts à *Phylloceras pychoicur* ; des calcaires en petits bancs grumeaux à la base avec *Phylloceras Loryi* et *Perisphinctes lucigensis*, enfin des calcaires marneux et grumeaux probablement oxfordiens. Dans le massif des Brasses, le Malm comprend le haut en bas des

calcaires massifs à *Calpionella alpina* avec zone oolitiques à Onion, des calcaires à fossiles séquaniens (carrière de Pouilly) ; des calcaires amygdaloïdes rougeâtres à *Pelloceras transversarium*, *Oppelia trimarginata*, *Phylloceras tortisulcatum*, *Perisphinctes plicatilis*, *Aspicoceras perarmatum*, mais qui n'ont pas été séparés en feuille.

Brèche supérieure du Chablais avec morceaux anguleux de calcaires gris liasiques et dolomitiques du Trias. C'est du Malm ; on y rencontre des bancs de calcaires gris caractéristiques dont la pâte est riche en calpionelles et radiolaires, au sommet, horizon de calcaires à silex.

Le Callovo-oxfordien esi représenté par des schistes siliceux verts, violets gris (ardoises de Morzine) à fucoides. Banc de houille silicifiée au Lens d'Aulph.

Le callovien-bathonien est représenté par des calcaires foncés schistoïdes, de faciès littoraux, fossiles à Chavan et Chavanette. Au Môle dans les Brasses on connaît des marnes schisteuses à *Posidonomya alpina* qui se placent sur cet horizon et sont riches en fossiles (*Lytoceras tripartitum*, *macrocephalites macrocephalus*, *Oppelia aspidoides*, *Perisphinctes Hommii*, *Rhynchonella varians*).

Le Toarcien est représenté par des calcaires et schistes foncés sans fossiles. Calcaire à silex au Môle représentant le Dogger et le Toarcien. Aux Brasses, faciès analogues, aux Annes calcaires marneux schistoïdes formant le centre de la charnière synclinale bien visible aux abords des chalets d'Auferrand.

Une brèche inférieure du Chablais plus sombre que la brèche supérieure et à éléments plus gros ; plus de calcaires gris intercalés, mais vers la base des schistes siliceux et des calcaires à entroques (représentant probablement le Dogger et le Lias).

L'Aalénien est formé de schistes noirs de la base de Slens et des Annes (Belemnites) schistes feuilletés sombres des Brasses avec fossiles aaléniens à Viuz-en-Sallaz.

Le Toarcien est représenté par des calcaires et siliceux noirs du sommet de Lachat (massif des Annes).

Le Lias calcaire des Brasses, de la Brèche, du Môle et des Klippes (les Annes et Sulens). Fossiles de toutes les étages du Domérien à l'Hettangien, Gisement du Haut-Fleuri au Môle (*Echioceras bavaricus*, *E. Favrei*, *Polymorphytes Jamesoni*, *Ægoceras capricornu*). Aux Annes dans des calcaires bruns finement spathiques et à silex, on peut recueillir arietites bisulcatus.

Le Rhétien comprend des schistes noirs et plaquettes lumachelliques à *avicula contorta* et *dimyopsis intusstriata* (gisement de Chatillon aux Annes). Un bone-bed à Matringe.

Le Trias comprend des gypses et cargneules argilites aux Annes et à Sulens avec bancs de calcaire dolomitique.

Les calcaires dolomitiques sont représentés par des cargneules et des gypses des Brasses et de la Brèche.

Les quartzites sont représentés au massif de la Brèche. Un lambeau à la Touvière (les Annes).

Le Carbonifère comprend du conglomérat de grès et des schistes anthracite. A Taninges, flore westphalienne (*Pecopteris dentata*, *P. Pluckeneti*, *Nevropteris gigantea*, *N. Neterophylla*, *Sphenopteris cœmani*, *Mariopteris muricata*, *M. latifolia*, *Asterophyllites tenuifolius*, *Annularia stellata*, *Calamites...*)

Au delà les terrains plus anciens sont probablement métamorphosés, ils n'ont sans doute aucune importance pour le problème qui nous occupe car nous nous rangeons à l'opinion de MM. MORET et SCHNEIDER qui écrivent que comme tous les géologues qui les ont précédés, ils sont d'avis que le problème de l'origine des sources thermo-minérales d'Aix-les Bains « relève uniquement de la structure géologique régionale et qu'il ne saurait être question ici « d'eaux juvéniles » directement issues de la profondeur de l'écorce ».

Ce qu'il importe surtout pour nous d'avoir de façon précise ce sont des renseignements sur les différents

terrains que l'eau peut rencontrer dans les profondeurs de la faille du Revard et qui contiennent des pyrites.

Le Callovien inférieur du Jura est formé par un calcaire marneux généralement assez dur renfermant en quantité variable de la pyrite d'après RICHE. Celle-ci se présente à l'état de trainées de mouches et de grains de toutes grosseurs, elle constitue le test d'un grand nombre de fossiles, mais sur la carte qui figure dans la thèse de RICHE, ce faciès marno-pyriteux fait place au sud de Nantua à un faciès marno-spathique.

Beaucoup plus important est l'Oxfordien. RICHE en décrit la zone à *Cardioceras cordatum* dans les termes suivants :

« Cette assise est constituée par un calcaire très marneux se délitant facilement en marne dans les parties exposées aux influences extérieures. Sous cet état de marne, elle se présente généralement à l'observation et est décrite par les auteurs. Son état normal plus ou moins résistant s'observe en creusant à une certaine profondeur ou à la suite de ravinements intenses par les eaux pluviales.

Les fossiles de cette assise sont ordinairement transformés en pyrite que l'oxydation ne tarde pas à envahir. Les bélemnites sont restées à l'état de calcaire. Les brachiopodes, particulièrement les térébratules ont conservé leur test calcaire entourant un moule pyriteux. Il en est probablement de même des Gastéropodes et des Lamelli-branches dont on recueille presque toujours le moule intérieur. Les ammonites dont l'abondance au moins en individus est remarquable montrent seulement les tours in-

ternes à l'état de moule pyriteux ; les tours externes restés probablement à l'état de marno-calcaire ne se sont pas conservés. Le test plus ou moins altéré se rencontre très rarement et d'une manière fort incomplète.

Un des résultats de l'oxydation de la pyrite en présence de l'élément calcaire de la marne est de donner naissance à du gypse. Ce minéral forme des groupements occupants sans doute souvent la place d'un fossile pyriteux, car on trouve des fossiles reconnaissables plus ou moins complètement transformés en gypse. Parfois, celui-ci se présente en petits cristaux limpides hérissant la surface d'un fossile en voie de décomposition. J'ai aussi observé (Mont-Pelé, Valfin sur Valouze) des couches de lignite peu développées et fragmentées dont les fentes étaient remplies de gypse.»

III. Description des roches recueillies, celles-ci étant étudiées au moyen de l'examen microscopique

Nous avons recueilli les roches suivantes :

Des marnes hauteriviennes : celles-ci proviennent des points suivants. A l'affleurement, au bord de la route longeant le Revard, au point où cette route domine le lac (roche n° 1).

Un affleurement qui apparaît le long de la route qui monte au Revard (roche n° 2).

Un affleurement sur la route qui va du Désert à Chambéry (roche ns 3).

Sur le sommet du Revard (roche n° 4).

A la face est du Revard (roche n° 5).

A la dent du Chat (calcaire marneux) (roche n° 6).

L'examen microscopique de ces roches a montré une matière colloïdale mêlée de très nombreux grains de quartz détritique, peu roulés dont les plus grands atteignent 1 mm. 5 de diamètre. Sur certaines on trouve des spicules de spongiaires en grande partie épigénisés en calcite. Le calcite — ciment se développe aussi en grandes plages quelques foraminifères textiliaires et lagenas, formes planctoniques banales, quelques grains de glauconite et enfin dans la roche n° 4 des grains de limonite oxyde provenant sans doute de l'altération de la pyrite. Des sections de cubes d'arête mesurant environ 0 mm. 3 paraissent attribuables à de la pyrite.

La roche dans ce cas, se rapproche des gaizes marneuses dont elle semble différer uniquement par l'absence d'opale.

Des calcaires.

Un calcaire urgonien (roche n° 7 recueilli au flanc du Revard.

Un calcaire urgonien (roche n° 9) recueilli près de la ferme Gigot.

Un calcaire urgonien du sommet du Revard (roche n° 8).

Un calcaire urgonien de la Chambotte (roche n° 10).

Dans tous ces cas, nous avons observé une calcite finement grenue presque pure, mélangée à une calcite amorphe, on ne voit pas de sections d'organismes.

Des calcaires provenant du groupe des montagnes de Mandalaz.

Une micro-brèche de la Balme il s'agit d'un calcaire

à entroques typique, avec quelques bryozoaires dont les loges sont souvent remplies de glauconie. (roche n° 11).

Un calcaire oolithique de l'Hauterivien de la Balme (roche n° 12).

Un calcaire de l'Hauterivien de la Balme (roche n° 14) calcaire à entroques et ciment de calcite largement cristallisé quelques trainées de limonite.

Un calcaire Hauterivien de St Innocent (roche n° 13).

Conclusion du Chapitre II

En somme le bassin hydro-minéral que nous avons décrit comporte un certain nombre de terrain pyriteux et de terrains gypseux qui gagnent une importance considérable du fait de leur contribution possible à la minéralisation sulfureuse de l'eau. Parmi eux, il faut distinguer :

1° Les marnes hauteriviennes : elles représentent une surface très étendue dans ce bassin ; elles sont facilement accessibles à l'eau : elles forment la couche imperméable où circule probablement l'eau des sources. Mais sur les échantillons recueillis, la pyritisation des marnes était inconstante et faible.

2° Les marnes oxfordiennes : qui sont placées sous la couche imperméable de ce bassin sont probablement accessibles à l'eau par la fissure formée par la faille longitudinale du Revard. Une description très détaillée donnée par M. Riche de ces marnes recueillies dans les formations du Jura montrent leur richesse en pyrite. Il est probable

que le faciès oxfordien situé sous le bassin d'Aix est du même type car Kilian décrit un type marneux à fossiles pyriteux beaucoup plus au sud à la montagne de Lure dans les Basses-Alpes.

3° Le Trias qui doit être ici gypseux comme dans les formations qui affleurent à quelque distance du bassin est lui aussi théoriquement accessible par l'intermédiaire de la faille longitudinale du Revard. Mais, le trajet à parcourir par l'eau est alors considérable ; en outre, il semble que ces formations gypseuses triasiques doivent imprimer à l'eau des caractères chimiques qu'il conviendra de retrouver.

CHAPITRE III

ETUDE GEOCHIMIQUE DE CERTAINES ROCHES DU BASSIN HYDROLOGIQUE D'AIX-LES-BAINS

Dans le but d'essayer d'éclaircir le problème de l'origine de la minéralisation des eaux d'Aix-les-Bains, nous avons poursuivi une étude chimique complète des roches que nous avons recueillies dans ce bassin et dont nous avons donné la description microscopique au chapitre précédent.

Dans un addendum à cette thèse, nous définirons nos techniques chimiques, nous nous contenterons de rapporter ici les résultats et nous ferons l'étude critique.

Les numéros des analyses correspondent au numéro des roches décrites dans le chapitre précédent.

1° Nous avons étudié divers échantillons de marnes hauteriviennes dont voici l'analyse :

MARNES HAUTERIVIENNES

Numéro de l'échantillon	1	2	3	4	5	6
SiO ²	21.34	19.87	10.20	24.53	36.12	17.33
TiO ²	0.53	0.37	0.22	0.43	0.37	0.58
Ca	28.43	16.16	34.38	18.23	10.79	31.01
Mg	2.56	2.58	1.23	0.93	1.76	0.50
Al	3.60	5.66	4.55	3.47	6.36	4.05
Fe	1.86	4.37	1.19	1.90	2.64	1.21
SO ⁴	1.82	2.78	2.06	4.86	2.80	2.42
Cl	0	0	0	0	0	0
K	1.25	1.14	0.42	0	0.24	0.79
Na	0.09	0.17	0.83	1.03	0.49	0.28
CO ³	37.50	34.03	38.89	30.52	28.24	33.25
Perte à 100°	1.02	1.38	0.41	1.25	1.10	0.64
Perte à 180°	29.80	29.25	36.14	27.56	24.35	33.55

De ces études, il résulte que ces marnes contiennent une quantité de sulfate et de fer qui n'est que très légèrement plus importante que celles des autres roches habituelles. Evidemment, il s'agit d'échantillons recueillis en surface ayant subi de nombreuses altérations par les agents météoriques, mais malgré tout, en admettant que les sulfures soient transformés en sulfate et que l'ion SO⁴ soit entraîné en solution, le fer devrait rester au moins partiellement. Il faut en outre tenir compte de la présence de glauconies (1) qui apportent des quantités im-

(1) A titre documentaire, nous rapportons des exemples de la constitution de quatre gloconies recueillies dans les terrains crétacés :

Crétacé d'Ortenbourg près Passau. — SiO² : 48,99 ; Al²O³ : 6,40 ; Fe²O³ : 25,80 ; FeO : 4,80 ; CaO : 0,78 ; MgO : traces ; K²O : 5,18 ; H²O : 8,98.

portantes de fer. De l'ensemble de cet examen, il semble ressortir qu'au moins, au niveau des prélèvements, ces marnes ne sont que faiblement pyriteuses.

2° Nous avons étudié les calcaires urgoniens et hauteriviens :

Numéro de l'échantillon	7	8	9	10	11	12	13	14
SiO ²	6,64	0,70	6,39	0,40	3,72	2,39	18,39	4,56
TiO ²	0,35	0	0,10	0	0,44	0,39	0,24	0,77
Ca	40,76	39,83	34,43	29,48	15,77	32,72	34,55	39,39
Mg	0,47	0,70	0,73	0,66	0,10	0,53	0,48	0,71
Al	2,10	1,32	2,68	0,40	7,84	2,89	2,23	1,17
Fe	1,23	0	1,10	0	2,05	1,04	1,26	1,16
SO ⁴	1,02	0,48	0,68	0,42	1,07	1,02	1,13	0,53
Cl	0	0	0	0	0	0	0	0,79
K	0	0	0	0	0	0	0	0
Na	0	0	0	0	0	0	0	0
CO ³	46,07	49,07	46,30	52,53	49,22	46,66	40,53	42,01
Perte à 180°	38,13	43,48	39,63	42,60	39,78	41,54	33,31	38,80
Perte à 100°	0,19	0,11	0,08	0,07	0,14	0,27	0,21	0,25

Résultats rapportés à une prise d'essai desséchée à 100°

On voit d'après ces examens que la richesse en fer de ces calcaires n'est pas très inférieure à celle des marnes précédentes. Ce qui laisse penser que celle-ci ne constitue pas une zone spécialement favorisée.

On voit aussi combien certaines formations hauteriviennes des montagnes de Mandalaz diffèrent des forma-

Crétacé de Roding, moyenne de trois analyses. — SiO² : 49,40 ; Al²O³ : 7,10 ; Fe²O³ : 20,07 ; FeO : 3,80 ; K²O : 5,75 ; H²O : 12,75.

Crétacé de Roding. — SiO² : 50,20 ; Al²O³ : 1,50 ; Fe²O³ : 28,10 ; FeO : 4,20 ; K²O : 5,90 ; H²O : 8,60.

Crétacé de Benedictbeuern. — SiO² : 47,60 ; Al²O³ : 4,20 ; Fe²O³ : 21,60 ; FeO : 3,00 ; CaO : 2,40 ; MgO : 1,40 ; K²O : 4,60 ; H²O : 14,70.

tions correspondantes du groupe Revard-Dent du Chat.

3° Nous avons étudié la mollase aquitanienne.

Echantillon 15			
SiO ²	59,06	SO ⁴	2,95
TiO ²	0,85	Cl.....	0, »
Ca.....	8,33	K.....	2,22
Mg.....	1,16	Na.....	0,04
Al.....	4,86	CO ³	14,10
Fe.....	2,91		
Perte à 100°.....			0,40
Perte à 180°.....			11,70

Résultats rapportés à une prise d'essai desséchée à 100°

La richesse en silice de cette roche, richesse que l'examen microscopique laissait d'ailleurs prévoir peut peut-être permettre d'expliquer la teneur relativement élevée des eaux d'Aix en silice. Les eaux d'infiltration après avoir traversé cette couche peuvent entraîner une quantité assez élevée de silice. Il faut cependant rappeler avec M. Moret qu'une autre origine peut être attribuée à la silice, ce sont les silex si abondants dans les marnes hauteriviennes.

Conclusion du chapitre III

De l'étude géochimique il semble se dégager que les marnes hauteriviennes dans les échantillons que nous avons recueillis contiennent peu de pyrite et ne semblent pas garder dans leur constitution chimique des stigmates importants de dépôts pyriteux abondants altérés par les éléments météoriques.

CHAPITRE IV

LES SOURCES SULFUREUSES DE LA REGION D'AIX-LES-BAINS, LEURS CONDITIONS DE FORMATION HYDROLOGIQUE

C'est une tendance naturelle de l'esprit humain de vouloir généraliser les théories. Nous jugeons qu'une hypothèse gagne en certitude lorsqu'elle est applicable à un plus grand nombre de cas. Il est donc légitime de nous demander quelles sont les sources sulfurées du Bassin d'Aix-les-Bains, quelles sont leurs conditions géologiques d'apparition, afin de chercher dans un chapitre ultérieur quelles sont les théories les plus compréhensives, celles-ci peuvent être appliquées au plus grand nombre d'entre elles.

Ces sources peuvent être groupées comme suit :

1) Le groupe de Marlioz : la proximité de ces sources et celle d'Aix-les-Bains, leurs analogies chimiques permettent de penser qu'il s'agit de deux venues différentes d'un même filon hydrominéral.

2) Un second groupe est formé par les sources groupées autour de la colline de Mandalaz et de la montagne de la Balme. On y trouve en effet la source sulfureuse de Bromines, une source sulfureuse près du village d'Epagny, une source sulfureuse chaude à la Caille. M. Moret leur attribue une origine hauterivienne. Ces sources sortent des marnes bleues à miches calcaires dures et alignées. Il convient de remarquer que près de Bromines passe une faille figurée par M. Moret. Près de la Caille un peu au nord-est passe une faille figurée sur la carte géologique d'Annecy.

3) Au sud du massif des Bauges se trouvent les sources de Challes très riches en hydrogène sulfuré. Leurs conditions géologiques d'apparition ont été bien décrites par M. Revil :

La source de Challes se trouve sur l'emplacement même de l'établissement thermal au pied d'une colline le « Mont Saint-Michel » dont la structure est très complexe présentant sur une faible étendue un grand nombre de plis : 1° anticlinal de la Roche ; 2° synclinal de Bellegarde ; 3° anticlinal Saint-Michel ; 4° synclinal du Vernay ; 5° anticlinal de Montgellaz.

Les deux premiers de ces plis sont déversés au sud-est et nous intéressent plus particulièrement. Celui que nous avons appelé anticlinal de la Roche finit périclinalement sur la rive gauche de la Leysse, en face de Château-Salins et subit une torsion entre Barby et Challes. Son flanc occidental érodé au sud du hameau de Chaffard reparait au sud du village de Challes, formant une falaise rocheuse se poursuivant jusqu'au hameau « Le Chat ». Quant au synclinal de Bellegarde, — dont le noyau est constitué par des assises marneuses appartenant à l'Infra-Valenginien (= berrasien) — il s'accidente sur le versant dominant Challes d'un anticlinal secondaire

jurassique dont la charnière se montre à l'ouest de la ferme de Belvarde. Ce pli secondaire se continue au sud également en se tordant et il se voit à l'entrée de la cluse de Noisserette où les bancs jurassiques dessinent un anticlinal et un synclinal bien conservés.

C'est dans la partie orientale de la plaine de Challes et du noyau de l'anticlinal secondaire accidentant le synclinal de Belvarde qu'émerge la source minérale. De l'examen des matériaux extraits de la cave crusée sous l'établissement dans le voisinage du point de captage nous pouvons conclure que ces assises appartiennent au séquanien (= zone à *oppelia tenuilobata*).

Cette hypothèse sur les eaux de Challes est d'ailleurs critiquée par M. Killian qui écrit :

« La question de savoir si les eaux froides de Challes-Eaux qui contiennent du soufre et du sodium, de l'iode et du brome n'ont pas une origine analogue et ne sont pas minéralisées par le Trias en profondeur reste, à mon sens, ouverte, l'explication de leur composition chimique par la décomposition des particules de sulfate de fer contenues dans les assises jurassiques et crétacées me paraissent insuffisantes. »

Nous devons en outre faire remarquer que d'abondants éboulis recouvrent largement la région du griffon de Challes et ne permettent pas de fixer sûrement l'absence de failles à ce niveau-là.

En outre, nous insisterons sur ce fait que l'Oxfordien est tout proche et qu'il est représenté sur la carte de Chambéry par une assez longue bande à proximité des sources.

Conclusions du Chapitre IV

Il semble que cette étude rapide puisse conduire aux conclusions suivantes :

1° Si l'on admet la minéralisation des eaux d'Aix par les seules marnes hauteriviennes, cette hypothèse est encore valide pour les eaux sulfureuses de Marlioz, de Bromines et de la Caille. Elle ne peut être appliquée aux eaux de Challes qui sont cependant exceptionnellement riches en sulfure et qui se trouvent placées à proximité du bassin d'Aix.

2° Si l'on admet pour les eaux d'Aix une minéralisation réalisée au niveau du Trias gypseux, il est bien difficile d'étendre cette théorie aux eaux de Bromines et de la Caille qui n'avoisinent que des failles paraissant être de faible ampleur et aux eaux de Challes pour lesquelles aucune faille n'est connue.

3° Si selon une hypothèse non encore émise et qui nous a été inspirée par M. Roman Professeur à la Faculté des Sciences de Lyon, on pense à une minéralisation enrichie dans les marnes oxfordiennes, on explique du même coup l'origine de toutes les sources sulfureuses de cette région.

Les unes comme Challes atteignant directement ce terrain, les autres comme Aix, Bromines, la Caille l'atteignant par l'intermédiaire de failles qui vue la distance relativement faible de l'Oxfordien n'ont pas besoin d'être d'une grande ampleur.

CHAPITRE V

CONSTITUTION CHIMIQUE ET PHYSIQUE DES EAUX SULFUREUSES DE LA REGION D'AIX-LES BAINS

Nous allons dans une première partie donner la description chimique et chimico-physique des eaux sulfureuses de la région d'Aix les Bains d'après les documents classiques. Dans une deuxième partie, nous étudierons l'équilibre qui s'établit entre les différents constituants du soufre dans les eaux d'Aix-les-Bains. Dans une troisième partie, nous nous efforcerons de dégager les points du soufre dans les eaux d'Aix-les-Bains. Dans une troisième partie possible de ces sources. Nous apporterons ici quelques documents nouveaux concernant la minéralisation en brome et en iode de ces eaux. Enfin, dans une dernière partie, nous examinerons les différentes températures des sources sulfureuses de cette région et nous essayerons d'en tirer quelques conclusions.

**I. DOCUMENTS CLASSIQUES RELATIFS
A LA CONSTITUTION CHIMIQUE ET PHYSICO-CHIMIQUE
DES EAUX SULFUREUSES D'AIX-LES-BAINS**

Voici les documents que nous avons pu recueillir dans divers auteurs, concernant la constitution chimique et physico-chimique de la région sulfurée d'Aix-les-Bains.

I. AIX-LES-BAINS

TABLEAU 1.

TABLEAU SY
DE L'ANA
DES EAUX M

	WILMM		MM. D'ARSON	
	Sources		Source d'A	
	d'Alun de Soufre		Directe	Per
Thermalité	44°6	43°5	46°	
Débit	—	—	28 lit./sec.	
Résistivité électr. à 18° (ohms) :				
Prélèv. au griffon :				
à la source	—	—	1.518 19	
au laboratoire	—	—	1.453 58	2.3
Conductivité électr. à 18° :				
Prélèv. au griffon :				
à la source	—	—	6,58x10 ⁻⁴	
au laboratoire	—	—	6.8 x 10 ⁻⁴	4.25
Degré cryoscopique	—	—	— 0°015	—
pH	—	—	—	
Extrait sec à 180° (en gr. par litre)	0.4536	0.4.925	0,512	0
Sulfate	—	—	0,562	0
Alcalinité en cm ³ N/10	—	—	40	
Degré hydrotimétrique (dureté)	—	—	26°	
Degré sulfhydrométrique D°	—	—	3°81	
Hydrogène sulfuré libre	0,00374	0,00337	0,0051	
1° Soufre correspondant au D°	—	—	0,0048	
2° des hyposulfites	0,0038	0,0038	néant	
3° d'acide sulfhydrique libre	—	—	0,0048	
4° de l'acide sulfhydrique combiné (à l'état de sulfhydrates)	—	—	néant	
5° de monosulfures	—	—	—	
6° libre ou à l'état de polysulfures	—	—	—	
7° somme de 2°, 3°, 4°, 5°, 6°	—	—	0,0048	
8° soufre de sulfates	0,04376	0,05012	0,043	
9° total (7° et 8°)	—	—	0,0478	
Acide carbonique CO ² total	—	—	0,195	
CO ² combiné	—	—	0,139	
— libre	0,0892	0,0988	0,056	

S RESULTATS IIFICATION AIX-LES-BAINS

DAS et TOUPLAIN		NETTER			
Source de Soufre		Source d'Alun		Source de Soufre	
Directe	Permante	Directe	Perm.	Directe	Perm.
sec.	—	—	—	—	—
80	—	—	—	—	—
43	1,924 23	—	—	—	—
10-4	—	—	—	—	—
10-4	5,19 x 10-4	—	—	—	—
015	— 0°010	—	—	—	—
	—	7,28	7,11	7,33	7,20
6	0,373	0,4986	—	0,5510	—
4	0,383	0,5628	—	0,6012	—
	44	4	—	—	—
	16°	—	—	—	—
4	—	4°12	—	3°90	—
37	—	0,0055	—	0,0052	—
32	—	0,0052	—	0,0049	—
ant	—	traces	—	traces	—
32	—	0,0052	—	0,0049	—
nt	—	néant	—	néant	—
	—	néant	—	néant	—
	—	néant	—	néant	—
32	—	0,0055	—	0,0052	—
56	—	0,0425	—	0,548	—
92	—	0,0477	—	0,0597	—
37	—	—	—	—	—
19	—	0,1334	—	0,1174	—
118	—	—	—	—	—

TABLEAU 2.

TABLEAU REPRESENTANT LES ANAL

		WILLM			
		Source d'Alun		Source de s	
		en gr. par litre	% d'extrait sec 100	en gr. par litre	d'e s
Extrait fixe à 180°.....					
ELEMENTS ELECTRIQUES POSITIFS :					
Fer	ions Fe	0,00038	—	0,00048	
Aluminium	— Al	0,00058	—	0,00127	
Manganèse.....	— Mn	—		—	
Calcium	— Ca	0,09791	—	0,01375	
Magnésium	— Mg	0,01497		0,01985	
Potassium	— K	traces		traces	
Sodium	— Na	0,02843		0,02271	
Lithium.....	— Li	traces		traces	
ELEMENTS ELECTRIQUES NEGATIFS :					
Chlore	ions Cl	0,01663		0,0182	
Brome	— Br	—		—	
Iode	— I	traces		traces	
Acide silicique.....	— SiO ³	0,0683		0,0606	
Acide sulfurique....	— SO ⁴	0,13129		0,15038	
Acide phosphorique	— PO ⁴ H	traces		0,0046	
Acide carbon. fixe..	— CO ³	0,1098		0,1215	
Acide arsénique	— AsO ⁴	—		—	
Azote nitrique	— NO ³	—		—	
Azote nitreux.....	— NO ²	—		—	
Total des ions électro-positifs....					
Total des ions électro-négatifs.....					
Total					

D'après NETTER (W. J.). — Contribution à l'étude des Eaux Min
d'Aix-les-Bains (*Thèse de Pharmacie, Strasbourg, 1933*).

COMPLETES DES EAUX D'AIX-LES-BAINS

D'ARSONVAL, BORDAS, TOUPLAIN				NETTER			
Source d'Alun		Source de soufre		Source d'Alun		Source de soufre	
r.	%	en gr.	%	en gr.	%	en gr.	%
d'extrait	d'extrait	par	d'extrait	par	d'extrait	par	d'extrait
sec	sec	litre	sec	litre	sec	litre	sec
100	100	0,5560	100	0,4986	100	0,5510	
es		traces		traces		traces	
4	0,27	0,0018	0,32	0,0016	0,32	0,0022	0,40
es		traces		traces		traces	
24	18,04	0,1112	20,00	0,0917	18,40	0,1087	19,70
0	3,90	0,0222	3,99	0,0191	3,84	0,0210	3,81
28	0,54	0,0020	0,36	0,0029	0,59	0,0023	0,42
5	4,88	0,9262	5,07	0,0248	4,98	0,0299	5,42
16	27,62	0,1654	29,64	0,1401	28,13	0,1641	29,75
99	3,88	0,0248	4,46	0,0194	3,90	0,0249	4,52
nt	—	néant	—	néant	—	néant	—
—	—	—	—	néant	—	néant	—
49	4,86	0,0333	5,99	5,0239	4,80	0,0320	5,81
0	25,39	0,1677	30,00	0,1277	25,61	0,1644	29,80
es	—	traces	—	traces	—	traces	—
01	37,10	0,163	29,3	0,1825	36,60	0,1606	29,10
nt	—	néant	—	néant	—	néant	—
—	—	—	—	néant	—	néant	—
—	—	—	—	néant	—	néant	—
49	71,23	0,3888	69,75	0,3535	70,91	0,3819	69,23
6	27,63	1,1654	29,74	0,1405	28,13	0,1641	29,75
649	71,23	0,3888	69,75	0,3535	70,91	0,3819	69,23
065	98,86	0,5542	99,49	0,4940	99,04	0,5460	98,98

TABLEAU 3.

**TABEAU CENTESIMAL EN VOLUME DES GAZ SECS SPONTANES
DES EAUX MINERALES D'AIX-LES-BAINS**

	CO ² non dosé	O ² non dosé	Gaz combust. non dosé	NO ² non dosé	argon, trace de krypton et de xénon : 1,153	hélium traces de 0,037
Source d'Alun						
Source de Soufre..	4,00	Néant	traces	94,79	1,18	0,030

TABLEAU 5.

RADIOACTIVITE DES EAUX MINERALES D'AIX-LES-BAINS

	LABORDE 1910		LABORDE 1909		BERTIER 1910		CASTAGNE 1923	
Par un litre d'eau	en milli- micro- curies	en mg min	en milli- micro- curies	en mg. min.	en milli- micro- curies	en mg. min.	en milli- micro- curies	
Source d'Alun	22,5 t. 47°	0,057	—	0,068 t. 44°	—	0,075	5,50	
Source de Soufre.....	—	—	—	0,068 t. 43°	—	0,077	5,63	

Avec Netter, nous concluons : « Il ressort de ce tableau que les eaux d'Aix-les-Bains se classent dans la catégorie des eaux françaises de radioactivité peu élevée. »

TABLEAU 4.

COMPOSITION CENTESIMALE EN VOLUME
DES GAZ DISSOUS
DES EAUX MINERALES D'AIX-LES-BAINS

	Hydrogène sulfuré	Acide carbonique	Oxygène	Azote brut
Source d'Alun	0,09	68,47	—	21,55
Source de soufre	3,33	82,39	—	14,26

TABLEAU 6.

II. MARLIOZ.

RESUME DES EXAMENS SOMMAIRES
DES EAUX SULFUREES DE MARLIOZ

Entre le 15 juillet et le 13 septembre 1921

Source Escalape

	AU GRIFFON		A LA BUVETTE	
	Le 15 juillet essais faits à la source	Le 27 juillet essais faits à Paris sur des eaux embouteillées	Le 15 juillet essais faits sur l'eau venant direct. du griffon	Le 13 septemb. essais faits sur l'eau chauffée au préalable
Résistivité à 18° (en ohms).....	1281,66	1278,8	1250,40	1271,7
Conductivité à 18°	$7,8 \times 10^{-4}$	$7,81 \times 10^{-4}$	$7,99 \times 10^{-4}$	$7,76 \times 10^{-4}$
Extrait sec 0/00 à 180°	—	0 gr. 613	—	—
Extrait sulfaté 0/00.....	—	0 gr. 703	—	—
Degrés sulfhydrométriques rappor- tés au litre.....	5°96	3°81	—	7°11
Hyposulfites (en soufre	traces	2 mg 55	—	Néant
calculés (en ions S_2O_3		4 mg 55	—	
Soufre total (des composés sulfurés et sulfureux)	7 mg 5	6 mg 72	—	8 mg. 95

TABLEAU 7.

TABLEAU 7.

	Source Bonjean		Source Adélaïde		
	AU GRIFFON		AU GRIFFON		
	Le 15 juillet essais faits à la source	Le 27 juillet essais faits à Paris le 30 juillet sur l'eau embouteillée	Le 13 septemb. essais faits à la source	Le 15 juillet essais faits à la source	Le 27 juillet essais faits à Paris le 30 juillet sur l'eau embouteillée
Résistivité à 18° (en ohms).....	1375	1360,8	1368,9	1239,9	1239,8
Conductivité à 18°	7,27 x 10 ⁻⁴	7,34 x 10 ⁻⁴	7,3 x 10 ⁻⁴	8,06 x 10 ⁻⁴	8,06 x 10 ⁻⁴
Extrait sec 0/00 à 180°	—	0 gr. 560	—	—	0 gr. 616
Extrait sulfaté 0/00	—	0 gr. 650	—	—	0 gr. 713
Degrés sulfhydrométriques rappor- tés au litre.....	6°73	5°08	5°08	5°08	6°35
Hyposulfites (en soufre	traces	3 mg 84	Néant	traces	1 mg. 91
calculés (en ions S ² O ³		6 mg 72			3 mg. 36
Soufre total (des composés sulfu- rés et sulfureux)	8 mgr. 48	9 mg. 28	6 mg. 40	6 mg. 40	9 gr. 43

TABLEAU 8.

SOURCE
GROUPE

Altit.	Prélèvement		Débit	Température		Pression atmosphér.	Observat.
	date	fait		de la source	air extér.		
265 M.	13 sept. 1921	au Griffon	10 m ³ p. jour	14°	30°	760 mm.	Période de sécheresse extrême

Directs

Permanents

CARACTERES PHYSIQUES :

Résistivité électrique à 18°.....	1404 ohms	2222 ohms 3
Conductivité à 18°.....	$7,12 \times 10^{-4}$	$4,49 \times 10^{-4}$
Degré cryoscopique	— 0°03	— 0°02

CARACTERES CHIMIQUES

(rapportés au litre) :

Degrés hydrotimétriques	24°	9°
Alcalinité (en cm ³ N/10).....	50	0
Extrait sec à 180° (en gr.).....	0 gr. 552	0 gr. 349
— converti en sulfates.....	0 gr. 643	0 gr. 361
Acide carbonique total (CO ₂).....	0 gr. 233	
Degrés sulfhydrométriques (D°).....	5°08	
1° Correspondant au (D°) (en gr.)....	0,0064	
2° Des hyposulfites	Néant	
3° De l'acide sulfhydrique libre.....	0,0064	
4° De l'acide sulfhydrique combiné (à l'état de sulfhydrates)	Néant	
5° Des monosulfures	Néant	
6° Libre (ou à l'état de polysulfures)	Néant	
7° Somme des (2°, 3°, 4°, 5°, 6°)....	0,0064	
8° Des sulfates	0,0592	
9° Total (7° et 8°)	0,0696	

Soufre

**BONJEAN
MARLIOZ**

Ions Par litre pour 100
d'extrait
sec

ELEMENTS ELECTRO-POSITIFS :

Fer (en gr.)	Fe	traces	traces
Aluminium —	Al	0,00402	0,67
Manganèse —	Mn	Néant	Néant
Calcium —	Ca	0,11696	19,62
Magnésium —	Mg	0,014	2,38
Potassium —	K	0,00635	1,06
Sodium —	Na	0,0624	10,47

ELEMENTS ELECTRO-NEGATIFS :

Chlore (en gr.)	Cl	0,041	6,38
Brome —	Br	0,00001	0,0017
Iode —	I	Néant	Néant
Acide silicique —	SiO ³	0,0367	6,15
Acide sulfurique —	SO ⁴	0,1836	39,80
Soufre libre et des monosulfures —	S	Néant	Néant
Soufre (des hyposulfites) —	S ² O ³	Néant	Néant
Acide phosphorique —	PO ⁴ H	traces	traces
Acide carbonique fixe —	CO ³	0,125	20,97
Acide arsénique —	AsO ⁴ H	Néant	Néant
Azote nitrique —	NO ³	Néant	Néant
Azote nitreux —	NO ²	Néant	Néant

TABLEAU 9.

SOURCE «
GROUPE MAR

Altit.	Prélèvement		Débit	Température		Pression atmosphér.	Observat.
	date	fait		de la source	air extér.		
265 M.	13 sept. 1921	au Griffon	20 m ³ p. jour	45°	30°	762 mm.	Période de sécheresse extrême

CARACTERES PHYSIQUES :

Directs

Permanents

Résistivité électrique à 18°.....	1199 ohms 5	1757 ohms 6
Conductivité à 18°.....	8,33 x 10 ⁻⁴	5,68 x 10 ⁻⁴
Degré cryoscopique	— 0°03	— 0°02

CARACTERES CHIMIQUES
(rapportés au litre) :

Degrés hydrotimétriques	21°	10°
Alcalinité (en cm ³ N/10).....	52,5	0
Extrait sec à 180 (en gr.).....	0 gr. 596	0 gr. 390
— converti en sulfates.....	0 gr. 696	0 gr. 439
Acide carbonique total CO ₂	0 gr. 267	
Degrés sulfhydrométriques (D°).....	7°11	
1° Correspondant au (D°) (en gr.)..	0,00895	
2° Des hyposulfites	Néant	
3° De l'acide sulfhydrique libre.....	0,00895	
4° De l'acide sulfhydrique combiné (à l'état de sulfhydrates)	Néant	
5° Des monosulfures	Néant	
6° Libre (ou à l'état de polysulfures)	Néant	
7° Somme des (2°, 3°, 4°, 5°, 6°)....	0,00895	
8° Des sulfates	0,0612	
9° Total (7° et 8°)	0,07015	

Soufre

ESCULAPE »

LIOZ (Savoie)

Ions	Par litre	pour 100 d'extrait sec
------	-----------	------------------------------

ELEMENTS ELECTRO-POSITIFS :

Fer	(en gr.)	Fe	traces	traces
Aluminium	—	Al	0,00461	0,83
Manganèse	—	Mn	Néant	Néant
Calcium	—	Ca	0,09411	17,04
Magnésium	—	Mg	0,01370	2,48
Potassium	—	K	0,00804	1,45
Sodium	—	Na	0,0552	10

ELEMENTS ELECTRO-NEGATIFS :

Chlore	(en gr.)	Cl	0,040	7,24
Brome	—	Br	0,00002	0,0027
Iode	—	I	Néant	Néant
Acide silicique	—	SiO ³	0,04048	7,33
Acide sulfurique	—	SO ⁴	0,17751	32,15
Soufre libre et des mo- nosulfures	—	S	Néant	Néant
Soufre (des hyposulfites)	—	S ² O ³	Néant	Néant
Acide phosphorique . . .	—	PO ⁴ H	traces	traces
Acide carbonique fixe..	—	CO ³	0,115	20,83
Acide arsénique	—	AsO ⁴ H	Néant	Néant
Azote nitrique	—	NO ³	Néant	Néant
Azote nitreux	—	NO ²	Néant	Néant

TABLEAU 10.

III. CHALLES-LES-EAUX.

EAU MINÉRALE DE CHALLES-LES-EAUX (Savoie)

PRELEVEMENTS A.....	Directs			18 h.	7 h.	Permanents		
	7 h.	10 h.	14 h.			10 h.	14 h.	18 h.
TERES PHYSIQUES :								
tivité élect. à 18° (ohms)....	377.8	396.8	424.5	424.6	389.35	416.34	447.20	447.20
ctivité à 18°. 10 ⁻³ x.....	2.64	2.52	2.35	2.34	2.56	2.40	2.23	2.23
é cryoscopique	— 0°15	— 0°13	— 0°11.4	— 0°11.4	— 0°11.6	— 0°1	— 0°9	— 0°00
e de réfraction à 17°5.....	1.3337	1.33366	1.33362	1.33362	1.33362	1.33358	1.33354	1.33354

CARACTERES CHIMIQUES (rapportés au litre) :

Degrés hydrotimétriques	18°	17°	16°	16°	6°	5°5	4°6	4°6
Alcalinité (en cm ³ N/10).....	270	252	236	240	236	220	208	208
Extrait sec à 180° (en gr.).....	1,876	1,778	1,642	1,636	1,818	1,724	1,572	1,580
— converti en sulfates...	2,340	2,276	2,068	2,060	2,294	2,148	1,954	1,964
Acide carbonique total (CO ₂).....	0,7686	0,7366	0,685	0,668				
Degrés-sulfhydrométriques (D°) ...	254°	246°4	217°2	218,44				
1° Correspondant au (D°) (en gr.)	0,3296	0,3201	0,2808	0,2757				
2° Des hyposulfites	0,0128	0,0128	0,096	0,0006				
3° De l'acide sulfhydrique libre.	0,672	0,944	0,0800	0,1008				
4° De l'acide sulfhydr. combiné (à l'état de sulfhydrates).....	0,464	0,0480	0,0768	0,0656				
5° Des Monosulfures	0,2064	0,1536	0,1120	0,1088				
6° Libre (ou à l'état de polysulfures)	Néant							
7° Somme des (2°, 3°, 4°, 5°, 6°) ..	0,3328	0,3088	0,2784	0,2758				
8° Des sulfates	0,0489	0,0633	0,0539	0,0550				
9° Total (7° et 8°).....	0,3817	0,3721	0,3323	0,3308				

Source

TABLEAU 12

EAUX DE CHALLES

Fer	Néant	Néant
Calcium.	0,0613	0,1000
Magnésium	0,0266	0,0108
Potassium	Néant	Néant
Sodium	1,0093	0,2517
Lithium	Néant	Néant
Chlore	0,0938	0,0140
Brome	0,0028	Néant
Iode	0,0105	0,0068
Acide silicique	0,0227	0,0232
Acide sulfurique	0,0432	0,1053
Acide borique	Néant	Néant
Soufre (libre et monosulfures)	0,2118	0,0035
Acide carbonique	1,8973	0,5744

JACQUOT (E.) et WILMM. — Les Eaux minérales de la France,
(1 vol., 602 p., Baudry, Paris, 1894).

TABLEAU 11

SOURCE CHALLES

Altit.	Prélèvement		Débit	Température		Pression atmosphér.
	date	fait		de la source	air extér.	
290 M.	6 oct. 1922	au Griffon	6500 l. en 24 h.	12°5	24°	763 mm.

CARACTERES PHYSIQUES :

Directs

Permanents

Résistivité électrique à 18°..... (ohms)	425,6	447,20
Conductivité à 18°.....	2,34 x 10 ⁻³	2,23 x 10 ⁻³
Degré cryoscopique	— 0°114	— 0°09
Indice de réfraction à 17°5.....	1,33362	1,33354

CARACTERES CHIMIQUES

(rapportés au litre) :

Degrés hydrotimétriques	16°	4°6
Alcalinité (en cm ³ N/10).....	240	208
Extrait sec à 180°..... (en gr.)	1,636	1,580
— (converti en sulfates).....		
Acide carbonique total (CO ²).....	0,668	
Degrés sulfhydrométriques (D°).....	218,44	
1° Correspondant au (D°)	0,2757	
2° Des hyposulfites	0,0006	
3° De l'acide sulfhydrique libre.....	0,1008	
4° De l'acide sulfhydrique combiné.....	0,0656	
(à l'état de sulhydrates).		
5° Des monosulfures	0,1088	
6° Libre (ou à l'état de polysulfures)....	Néant	
7° Somme des (2°, 3°, 4°, 5°, 6°).....	0,2758	
8° Des sulfates	0,0550	
9° Total (7° et 8°).....	0,3308	

D'après : D'ARSONVAL (M.), BORDAS (F.) et TOUPLAIN (F.). — L'Eau minérale de Challes-les-Eaux (Savoie) (*Ann. des Falsifications et des Fraudes*, 1923, 178-179, 401-410.

LES EAUX (Savoie)

	Ions	par litre	P. 100 d'extrait sec
ELEMENTS ELECTRO-POSITIFS :			
Fer et Aluminium..... (en gr.)	Fe et Al	0,001	0,06
Manganèse —	Mn	traces	traces
Calcium —	Ca	0,031	1,89
Magnésium —	Mg	0,013	0,79
Potassium —	K	traces	traces
Sodium —	Na	0,623	38,08
Lithium —	Li	traces	traces

ELEMENTS ELECTRO-NEGATIFS :

Chlore —	Cl	0,1773	10,83
Brome —	Br	0,0018	0,11
Iode —	I	0,0092	0,56
Acide silicique —	SiO ³	0,013	0,80
Acide sulfurique —	SO ⁴	0,165	10,00
Acide borique —	B ⁴ O ⁷	0,004	0,24
Soufre (libre et des monosulfures) —	S	0,109	6,66
Soufre (des hyposulfites) —	S ² O ³	0,001	0,06
Acide phosphorique —	PO ⁴ H	traces	traces
Acide carbonique fixe..... —	CO ³	0,434	26,52
Acide arsénique —	AsO ⁴ H	Néant	Néant
Azote nitrique —	NO ³	Néant	Néant
Azote nitreux —	NO ¹	Néant	Néant

MATIERES ORGANIQUES : En oxygène consommé.....	1 mmg. 12
Extrait sulfaté calculé.....	2 gr. 094
Extrait converti en sulfates.....	2 gr. 060

IV LA CAILLE

TABEAU 13

SOURCE DE LA CAILLE

ELEMENTS ELECTRO-POSITIFS :

	Par litre	P. 100 d'extrait sec
Fer en Fe..... (en gr.)	0,0041	1,51
Calcium en Ca.....	0,1094	40,51
Magnésium en Mg.....	0,0271	10
Potassium en K.....	0,0032	1,18
Sodium en Na.....	0,0282	10,43
Lithium en Li.....	traces	»

ELEMENTS ELECTRO-NEGATIFS :

Chlore en Cl..... (en gr.)	0,0047	1,74
Brome en Br.....	Néant	»
Iode en I.....	traces	»
Acide silicique en SiO^3	0,0192	7,11
Acide sulfurique en SO^4	0,0173	6,40
Acide borique en BO^3H^3	traces	»
Soufre (libre et monosulfures) en S	0,0090	3,91
Soufre (des hyposulfites) en S^3O^3	0,0029	1,08
Acide carbonique en CO^3	0,3710	

JACQUOT et WILLM. Les eaux minérales de la France (1 vol., 602 p., Baudry, Paris, 1894).

V. BROMINES (SILLINGY) (HAUTE-SAVOIE)

La température de cette source est de 16° et son débit journalier de 90 hectolitres. M. Barbier dans la « Savoie thermale », la cite comme sulfhydratée alcaline et gazeuse, la sulfuration à la source est de 5° Dupasquier, ce qui correspond à 0,0067 d'hydrogène sulfuré ; ou à 0,0154 de sulfure de sodium ; la minéralisation en sel fixe est de 0 gr. 280 par litre.

Cette eau est captée et aménagée pour bains et buvette dans un petit établissement comprenant 7 cabinets de bains et 14 baignoires.

VI. SAINT-ANDRE (Haute-Savoie)

Les eaux sulfureuses de Saint-André à l'entrée du Val du Fier sont situées à peu de distance de Rumilly, elles sont froides (8°) et leur sulfuration est de 11° (soit 0 gr. 0147 d'hydrogène sulfuré ou 0 gr. 0338 de sulfure de sodium). La source formée par 3 griffons a été découverte en 1854 ; les eaux sont en même temps bicarbonatées sodiques d'après Calloud.

Jacquot (E.) et Wilm. — *Les eaux minérales de la France*, 1 vol. 602 p., Baudry, Paris, 1894.

II. L'équilibre des formes oxydées et réduites du soufre dans les eaux d'Aix-les-Bains

Au griffon, nous avons vu que les eaux d'Aix-les-Bains contiennent des termes d'oxydation variable du soufre : sulfate, hyposulfite, sulfure, hydrogène sulfuré en solution. Il s'agit d'un équilibre établi entre ces différentes

formes, toute modification de l'une d'elles retentissant immédiatement sur l'ensemble. Cet équilibre est soumis dans sa répartition à la valeur oxydo-réductrice du milieu. Au niveau des couches pyriteuses, les auteurs admettent l'existence, mais il s'agit là d'une hypothèse d'une oxydation qui aboutit à la formation de sulfates, ceux-ci seraient d'abord les constituants presque exclusifs de la partie soufrée de la minéralisation, le fer resterait en place sous forme de carbonate.

Plus loin pendant le cheminement des eaux, une réduction se réaliserait qui aboutirait à la formation de l'équilibre observée au griffon.

Les agents réducteurs sont diversement décrits selon les auteurs :

a) Pour la plupart, il existerait des organismes oxydants. Les organismes réducteurs se trouvent dans la profondeur du griffon, les organismes oxydants en surface, ils sont séparés par un gel pectique, la barégine. Dufrenoy a fait une étude de ces organismes dans les eaux d'Aix :

« La répartition des zones à oxydation, écrit cet auteur, et des zones à réduction s'observe particulièrement bien dans les réservoirs des eaux thermales sulfurées sodiques des Pyrénées (Barèges, Luchon), des Alpes (Aix-les-Bains) : il suffit d'explorer les quelques décimètres séparant la surface du liquide du fond pour pouvoir étudier successivement les organismes oxydants et plus les organismes réducteurs. Plus grande est l'activité des organismes oxydants et plus les organismes réducteurs pourront s'approcher de la surface : à la surface de quelques réservoirs des eaux de Barège, de Luchon ou d'Aix, flotte un ré-

seau de « Barégine » dont la face émergée est le siège de l'activité intense des sulfobactériacées oxydantes, elle protège contre l'oxygène les microorganismes réducteurs qui prospèrent quelques millimètres plus bas, tapissant la face immergée ».

Les organismes réducteurs précipitent le sulfure de fer : « La précipitation du sulfure de fer peut être due à la réduction des sulfates, des sulfites ou des thiosulfates par les microorganismes anaréobies réducteurs en présence de matière organiques.

Les eaux alcalines des sources thermales de Barèges, Luchon ou d'Aix sont constamment le siège d'une précipitation de sulfure de fer au dépens des sels ferreux en solution. Il résulte que les parois des griffons ou le fond des réservoirs sont recouverts de sédiments bleus noirs.

D'autre part, l'absorption de l'oxygène par les sulfuraux à la face émergée des barégines flottantes permet aux microorganismes réducteurs de vivre sur la face profonde immergée dans des conditions d'anaérobiose à quelques centimètres de la surface et d'y précipiter du sulfure de fer. »

En somme, l'équilibre que nous constatons se réaliserait au griffon ou à proximité du griffon. Il n'est pas douteux que dans un bassin où ces eaux séjournent, qu'un pareil équilibre puisse se produire mais au niveau d'un griffon, traversé constamment par un débit considérable d'eau, on peut douter qu'un tel équilibre ait le temps de s'établir. Même en supposant que tous ces organismes puissent vivre sur un assez grand parcours, il

faudrait leur attribuer une action bien rapide, une activité quasi instantanée.

Netter dans sa thèse émet une opinion que nous rapporterons ici :

« Nous nous permettrons dit-il, d'émettre à ce sujet une supposition : cette réduction ne serait-elle pas en rapport avec les gisements de la lignite dont parle le Commandant Gorceix. D'après lui, la situation de ces gisements est la suivante : « Ils affleurent aux cotes respectives 262, 282, 317, au-dessus d'une couche d'argile et au-dessous d'alluvions torrentielles formant terrasses à 282, 338 et 360. »

La question demande certainement à être étudiée à nouveau et nous ne saurions conclure à son sujet.

III. L'origine triasique possible des eaux d'Aix-les-Bains

On peut en s'appuyant sur l'analyse chimique discuter l'origine triasique possible d'une eau minérale. En effet, les eaux minéralisées dans le trias ont entre elles des caractères communs qui sans avoir rien d'absolu, permettent cependant souvent de les reconnaître. Moret a pour les eaux d'Aix-les-Bains présenté une série d'arguments critiques se rapportant à ce sujet. Ce sont ces arguments que nous allons examiner à présent :

1° Les sources d'origine triasique non douteuses ont une richesse en helium par rapport à l'air comprise entre 836 et 5380, Aix-les-Bains donne le chiffre de 55 pour la source

d'Alun et de 44 pour la source Soufre, d'après Moureu, Lepape et Geslin. Cette objection ne tient cependant pas, si on admet un mélange d'eau d'origine triasique et d'eaux d'origine superficielle rapportant des gaz spontanés moins riches en hélium.

2° Les sources d'origine triasique ont généralement une minéralisation élevée ; les sources d'Aix ont au contraire une minéralisation extrêmement faible, ce à quoi, on peut répondre : « que la minéralisation des sources d'origine triasique dépend d'un grand nombre de facteurs dont le principal est la durée de contact qui s'établit entre l'eau et la portion soluble du terrain. Il existe des eaux d'origine triasique qui sont peu minéralisées telle que Vittel Grande Source (0,99 %) ou Contréxeville (0,647 %). Là encore l'objection est levée par l'hypothèse d'une dilution par les eaux superficielles.

3° Les eaux d'origine triasique ont une quantité d'halogène (1) importante : 20 % de la minéralisation totale à Allevard, et St-Gervais, 40 % à Uriage, 50 % à Salins-Moutiers ; à Aix, la proportion est de 4 %. Là encore, on peut dire que nous n'avons pas un argument ayant une valeur absolue. Etant donnée la grande hétérogénéité des dépôts triasiques, on peut toujours penser que les eaux ont touché plus particulièrement les anhydrites ou les gypses, plutôt que les lentilles de chlorure de sodium. C'est ainsi qu'à Vittel, les halogènes représentent 3,1 % de la minéralisation et à Contréxeville 0,54 % seulement.

(1) Halogène : Fluor, chlore, brome, iode.

4° Enfin des halogènes tels que le brome, le fluor, l'iode qui sont toujours présents dans les eaux d'origine sûrement triasique manquent cependant dans les eaux d'Aix

Jacquot et Wilm signalent des traces d'iodure dans les eaux d'Aix et une dose de 0,2015 iodure de sodium dans les eaux de Marlioz, D'Arsonval, Bordas et Touplain n'en signalent ni dans les eaux d'Aix, ni dans les eaux de Marlioz. Ces différents auteurs n'indiquent pas sur quelle quantité d'eau ils ont opéré.

Netter n'en trouve pas dans les eaux d'Aix-les-Bains, mais ses recherches ne portent que sur le produit d'évaporation de quelques centaines de centimètres cubes d'eau.

Nous avons sur le produit d'évaporation de 65 litres, recherché le brome, par la méthode colorimétrique de Deniges et Chelle ; et l'iode par la méthode de A. Gauthier. Nous avons trouvé une dose de brome de 0 gr. 00023 0/00 et une dose d'iode de 0 gr. 0000 0/00 pour l'eau de la source d'Alun. Ces doses nous paraissent suffisantes pour éliminer ce dernier argument.

IV. Comparaison de la température des différentes sources

Ces sources peuvent se ranger en deux catégories :

1° Les sources chaudes Alun d'Aix-les-Bains 45° ; Soufre d'Aix-les-Bains 43° ; Marlioz 45° et la Caille 30°.

2° Les sources froides : Bromines 16° ; St-André 8° ; Challes 12° ; Esculape de Marlioz 14°.

Il semble donc que ce soient les sources d'Aix-les-Bains et de la Caille qui aient le trajet le plus profond, et le retour en surface le plus rapide.

Conclusions du chapitre V

Si nous bornons les conclusions de ce chapitre aux commentaires des faits qui intéressent le problème de l'origine des eaux d'Aixles-Bains, nous pouvons conclure que l'étude chimique et physico-chimique de ces eaux n'apporte pratiquement aucun argument pour ou contre une origine triasique.

La radioactivité assez faible de ces eaux ne fait pas penser à un contact avec des terrains métamorphisés.

CHAPITRE VI

LES HYPOTHESES CONCERNANT LA GENESE

DES EAUX MINERALES D'AIX-LES-BAINS

Les eaux minérales sulfurées calciques sont le plus souvent le résultat de la réduction de sulfates de calcium par un contact avec des terrains divers réducteurs. On peut reconnaître différentes catégories :

1° Il est des eaux d'emblée sulfatées calciques, c'est le cas le plus fréquent et là encore il faut distinguer :

a) Des eaux sulfatées dans le Trias, telles que Saint-Gervais, Allevard, etc. La réduction se fait par le Carbonifère ou le Lias selon les cas.

b) Des eaux sulfatées dans le Tertiaire telle qu'Enghien (dans le Ludien), telles que les Fumades (dans l'Eocène) réduites par des lignites et des calcaires asphaltiques de voisinage.

2° Il est des eaux sulfatées secondairement par oxydation de pyrite tel serait le cas d'Aix-les-Bains.

3° Il faut mettre à part les sources de Bagnols dans la Lozère sur lesquelles Jacquot et Wilm rapportent l'opinion suivante :

« Les sources de Bagnols, comme celles de St-Laurent reproduisent la composition typique propre au Plateau Central. Elles s'endistinguent néanmoins par la présence d'une petite quantité de sulfure vraisemblablement due à une réaction superficielle. On n'a pas jugé à propos d'en tenir compte sur la carte hydrominérale pour ne pas isoler ces sources de leurs congénères de la contrées. »

Un grand nombre d'hypothèses ont été émises sur la genèse des eaux d'Aix-les-Bains. Nous allons les exposer sans tenir aucun compte de leur ordre chronologique d'apparition.

Ces hypothèses sont de deux types : dans un premier groupe se rangent les hypothèses qui attribuent la minéralisation principale des eaux d'Aix-les-Bains à la présence de pyrite au niveau des marnes hauteriviennes. Les hypothèses de cette catégorie ne diffèrent les unes des autres que par le champ d'infiltration qu'elles fixent aux eaux météoriques qui pénètrent à travers la couverture du bassin jusqu'au marnes hauteriviennes. Dans un deuxième groupe se rangent les hypothèses selon lesquelles la minéralisation serait due à un contact des eaux avec des terrains profonds probablement triasiques par l'intermédiaire de la grande faille bordière du massif des Bauxes. Dans les deux cas, chaque hypothèse présente deux parties : une partie destinée à expliquer l'origine de l'eau et une partie chimique destinée à expliquer l'origine des

ions en solution dans l'eau. Nous allons successivement exposer ces diverses hypothèses ; les exposer selon nos vues personnelles sur ce sujet.

**A. Les hypothèses donnant à la minéralisation
une origine hauterivienne**

Plusieurs hypothèses supposent à la minéralisation de l'eau d'Aix-les-Bains une origine hauterivienne. Ces hypothèses varient les unes des autres en ce qu'elles attribuent à l'eau de lixivation, des territoires géographiques d'infiltration variable. Le problème se décompose donc en deux autres : l'origine des éléments chimiques, l'origine de l'eau.

1° Origine des éléments chimiques :

Les auteurs s'entendent tous pour donner à la minéralisation de l'eau, une origine pyriteuse, ce sont les marnes hauteriviennes qui communiquent à l'eau son sulfate par oxydation des pyrites, ultérieurement une réduction se fait au niveau des griffons qui pour la plupart des auteurs est due aux organismes réducteurs dont nous avons déjà parlé.

2° Origine de l'eau : C'est ici que varient les diverses hypothèses de cette catégorie ; il faut distinguer :

a) L'hypothèse de Revil : la zone d'infiltration qui alimente les sources serait constituée par la portion du versant ouest du Revard comprise entre l'affleurement hauterivien de cette montagne et l'émergence des sources. La pénétration se fait surtout vers les bancs de calcaire hauterivien et urgonien très redressés du Rocher Saint-Victor,

puis les eaux cheminent ensuite sur les marnes hauteriviennes sous la molasse aquitanienne et les calcaires urgoniens, puis suivant la courbure du synclinal de Chafardon elles remontent vers la roche du Roi dans les boyaux de l'urgonien et s'acheminent aux griffons. A cette hypothèse, il semble bien que l'on puisse répondre quelle est insuffisante à expliquer la grande quantité d'eau qui apparaît au niveau des sources, car la surface d'infiltration est étendue. Elle est d'autre part insuffisante à expliquer la température des sources, car on peut se demander si le synclinal qui relie le rocher Saint-Victor à la roche du Roi est suffisamment profond pour expliquer une pareille élévation de température.

b) L'hypothèse de Gorceix envisage pour les eaux d'Aix-les-Bains une tout autre origine. L'eau écrit cet auteur « peut provenir soit d'un autre point du lac, soit plus probablement de la vallée du Rhône vers Cressin, où se trouve aussi une faille dans le lit d'un des bras du fleuve : les assises jurassiques se présentent au fleuve par leur tranche et leur inclinaison amènent tout naturellement l'eau qui y pénètre au-dessous du lac du Bourget, en passant sous le Mont du Chat jusqu'à la faille où il lui est probablement facile de remonter jusqu'à la molasse lacustre imperméable ; elle peut alors suivre au-dessous l'urgonien dans des fissures, celui-ci s'élevant en pente douce jusqu'au griffon d'Aix qui est à 285 m. d'altitude.

Si on fait les calculs d'équilibre avec les densités variables de l'eau aux différentes températures, on trouve qu'une colonne d'eau provenant de la partie la plus profonde du lac (pour le Rhône les chiffres différeraient peu

peu) et s'enfonçant à 2.330 m. au-dessous du niveau de la mer, s'échaufferait à 82° et pourrait remonter jusqu'au griffon d'Aix où elle sort à 44°, après un refroidissement vers la sortie par suite des infiltrations du Sierroz probablement ou peut-être aussi d'eau pénétrant au-dessus du griffon et descendant suivant l'inclinaison des couches. Ces infiltrations sont très sensibles les jours de grande pluie où la température s'abaisse à 40°.

La circulation s'établit comme dans un thermo-siphon, la branche ascendante conservant mieux sa chaleur que l'autre, si une circulation plus rapide s'y établit. Les courbes isogéothermes se relèvent entre la faille et le griffon sur une certaine largeur autour du groupe de filets d'eau chaude.

A cette hypothèse Moret et Schneider font deux objections. On peut se demander, écrivent-ils, « si cette faille nord-sud est suffisamment établie par l'existence du rejet local de Châtillon. En tous cas, il serait beaucoup plus logique de considérer cet accident comme un pli-faille très superficiel déversé vers l'ouest, ce qui accorderait beaucoup mieux avec le style tectonique général de la région. »

La zone d'infiltration est ici à une côte de 50 mètres inférieure à celle des sources, et on en peut négliger les pertes de charge auxquelles donne lieu leur gros débit. Dans ces conditions, le fonctionnement du thermo-siphon de M. Gorceix ne serait possible qu'en envisageant dans ses branches une répartition des températures invraisemblables.

Plus récemment, Margerie pense qu'« il est inutile d'insister sur l'extravagance d'une pareille conjecture ».

c) L'hypothèse de Moret et Schneider : ces auteurs attribuent à l'eau d'Aix-les-Bains une origine éloignée au nord du bassin près des affleurements de la Balme. Une partie de l'eau provenant aussi du massif du Gros-Foug-Chambotte, voici d'ailleurs comment ils exposent leur hypothèse :

« Toutes les conditions du problème sont croyons-nous, satisfaites, si l'on admet que les eaux d'Aix viennent du Nord

En effet tandis qu'au sud d'Aix, la zone mollassique se trouve progressivement écrasée entre les chaînes subalpines et les derniers plis du Jura, on voit au nord, cette zone s'élargir entre les massifs divergeants de la Chambotte-Gros-Foug à l'ouest et du Revard-Semnoz à l'est. A l'ouest d'Annecy, surgit du tertiaire la colline urgonienne de Lovagny terme sud du massif du Salève-Grè à la Dame-Montagne de la Balme (Mandalaz) et l'on voit nettement l'urgonien de Lovagny plonger périclinalement vers le sud, sous les marnes aquitaniennes. Nul doute qu'il ne rejoigne en profondeur l'Urgonien du Gros-Foug-Chambotte, dont les bancs inclinés vers l'est plongent aussi vers le sud et peut-être se réunit-il aussi en certains points à l'urgonien du flanc ouest du Semnoz-Revard car le refoulement vers l'ouest de ce massif n'implique pas nécessairement une rupture totale de continuité (possibilité d'un pli-faille). Cette zone mollassique triangulaire dont Aix marque le sommet sud constitue une vaste dépression comblée par des épaisseurs énormes de mollasse lacustre et marine dont le substratum urgonien n'est pas douteux. Vers le sud les bancs remontent, la cuvette urgonienne

se ferme. Le pendage est de la Chambotte s'adoucit dans les gorges du Sierroz et l'Urgonien réapparaît jusqu'à peu de distance sur Grésy-sur-Aix. On le voit pointer des alluvions glaciaires aux Simons puis remontant toujours vers le sud, constituer le dôme de la Roche du Roi.

L'ensemble de cette zone triangulaire ne peut constituer un bassin d'infiltration car les couches inférieures de la mollassse sont marneuses et imperméables (on en voit un exemple à Grésy-sur-Aix où la route coupe une trentaine de mètres d'alternance de marno-calcaires et de marnes aquitaniennes en bancs à pendage nord-est).

L'eau qui ruisselle sur ces couches est collectée par les bancs gréseux et retenue très près de la surface par les marnes intercalées. La circulation dans ces terrains est donc toute superficielle ; elle se manifeste par une infinité de petites sources disséminées dans toute la région mollassique.

Au contraire, les bords urgoniens de la cuvette forment une admirable zone d'infiltration. Sur le bord occidental, l'urgonien se développe largement le long du flanc est du massif Gros-Foug-Chambotte ; peu de sources en descendent sauf dans la partie nord qui est tributaire du Fier. Quant au coteau de Lovagny, il est presque entièrement constitué par un vaste lapiaz urgonien incliné vers le sud. Il en est de même de la montagne de la Balme et des autres petits chaînons urgoniens du même système jusqu'au Usses qui franchit en cluse le plus septentrional (montagne d'Allonzier-la-Caille). Aucune source notable ne descend de ces montagnes. Toutes les eaux météoriques s'engouffrent dans ces calcaires, elles y circulent

et doivent finalement se collecter sur les bancs marno-calcaires de l'hauterivien.

La surface urgonienne du massif Allonzier-la-Balme-Lovagny est de l'ordre de 16 km. $1/2$; quant aux affleurements urgoniens Gros-Foug-Chambotte, leur surface dépasse largement 30 km.². On voit qu'en admettant une pluviosité moyenne le seul massif Allonzier-la-Balme-Lovagny reçoit chaque année quelque 20 millions de mètres cubes d'eau. Or, le débit annuel des sources thermales d'Aix est de l'ordre de un million et demi de mètres cubes.

Quant aux côtes de la zone d'infiltration, elles dépassent de beaucoup 350 mètres : on note 600 et 700 mètres dans le massif Allonzier-la-Caille, 869 mètres au Crêt à la Dame, 700 à 900 mètres sur la montagne de la Balme, plus de 600 mètres au coteau de Lovagny, et sur le massif de Gros-Foug-la Chambotte, l'urgonien s'étage de 500 à plus de 1.000 mètres.

Une faible partie des eaux infiltrées réapparaît dans les cluses sous forme de résurgences, telle la belle résurgence de la Douai, dans la cluse des Usses, à 600 mètres en aval des bains de la Caille, ou les nombreuses petites résurgences des gorges du Fier et de Montrotier.

Mais la plus grande partie après un trajet plus ou moins long se rassemble sur les couches imperméables de l'hauterivien. Les eaux cheminent vers le sud, en suivant la surface structurale des bancs qui les conduisent à s'enfoncer dans la cuvette triangulaire de la région de Rumilly-Albens, où elles se collectent à une grande profondeur, sous d'énormes épaisseurs d'urgonien et de mollasse

lacustre et marine et cela explique aisément la thermalité des eaux. D'autre part, de nombreuses couches imperméables s'opposent à toute remontée des eaux avant le bord sud de la cuvette ; là seulement l'ensemble des terrains se relève et la mollasse décapée par l'érosion laisse à nu l'Urgonien par les fissures duquel les eaux thermales d'Aix se sont fait un passage. Mais toutes ces eaux ne vont pas sourdre dans la ville même ; il s'en répand par toutes les issues possibles et c'est ainsi que s'expliquent les températures plus élevées observées dans des puits sur la ligne St-Simon-Puer-la Fin ou dans le lac du Bourget (point bas) au voisinage du Grand Port et du petit Port. »

**B. Les hypothèses admettant une origine triasique
de la minéralisation**

Jacquot et Wilm pensait que les eaux remonteraient par la faille décrite par Lory. Nous avons dit que cette faille n'existe pas.

Kilian émet l'hypothèse suivante :

« Le calcaire urgonien dans lequel se trouvent les griffons des sources thermales est séparé de l'urgonien vertical et même renversé par places du Rocher Saint-Victor par une surface de chevauchement inclinée vers l'est et l'on peut admettre dans l'état actuel de nos connaissances, ni l'existence d'une « faille » verticale ayant occasionnée la remontée des eaux thermales comme l'ont admis M. H. JACQUOT et WILM dans un ouvrage classique ni celle d'un simple repliement synclinal symétrique et relativement peu profond des calcaires urgoniens ainsi qu'il est figuré dans la coupe donnée par M. REVIL.

Il paraît en revanche extrêmement probable que les eaux chaudes qui emplissent les cavités du calcaire urgonien d'Aix proviennent de l'Est et ont pour origine première la surface de contact normal qui s'enfonce à l'Est sous les massifs du Revard et qui constitue une surface discontinue facilitant la circulation et notamment la remontée rapide des eaux thermales (moins denses que les eaux froides) ; ces eaux issues de cette dislocation qu'elles ont suivies et qui s'enfoncent en profondeur vers l'Est sous un massif montagneux très important ont probablement acquis leur minéralisation au contact de gypses et anhydrites (sulfates de chaux) triasiques et seraient sulfatées à l'origine ; des actions réductrices diverses et notamment celle d'algues microscopiques (Barégine), dont on a d'ailleurs constaté la présence nettement observable aux griffons de la source d'Alun, auraient ensuite transformé ces eaux sulfatées en eaux sulfureuses ; quant à la thermalité, elle s'explique tout naturellement dans cette hypothèse par le degré géothermique, c'est-à-dire par la température qui doit régner sous un massif montagneux de l'importance de la chaîne du Revard-Nivollet et de ceux qui lui succèdent à l'Est (Margérian, etc.). Ces eaux thermales de moindre densité que les eaux froides suivant (par suite de la pression exercée par le poids des eaux froides descendantes) la voie de remontée facile que leur offre le plan de charriage ont rencontré dans leur parcours le calcaire urgonien fissuré compris entre deux assises imperméables (à la base les calcaires marneux à toxaster de l'Hauterivien supérieur et au-dessus de lui les mollasses en

partie argileuses et également imperméables du tertiaire); elles auraient donc abandonné le plan de discontinuité tectonique pour pénétrer dans les diaclases et boyaux de cet urgonien où elles se seraient trouvées pour ainsi dire emprisonnées et pour émerger ensuite au point d'affleurement de ces mêmes calcaires, c'est-à-dire dans l'anticlinal d'Aix-les-Bains, dit aussi anticlinal de la Roche du Roi qui d'ailleurs, d'après les observations de M. Revil, est accidenté de nombreuses cassures (failles de tassement).

Etant donné cette origine on peut en déduire que l'alimentation des eaux thermales d'Aix-les-Bains se fait soit par des infiltrations lointaines ayant pénétré en profondeur dans le plan de charriage, soit par des eaux provenant en particulier de toute la masse de recouvrement très disloquée qui comprend les montagnes du Revard, le Plateau des Déserts et du Col de Plinpalais, infiltrations très lentes à travers les multiples fissures et diaclases tectoniques de ce massif très disloqué, s'effectuant sur une épaisseur de plus de 1.000 mètres et au cours de laquelle les eaux subissent une filtration qui peut être considérée comme parfaite ainsi qu'un augmentation de température graduelle en profondeur. »

A cette hypothèse MM. MORET et SCHNEIDER font une série d'objections. Ils objectent tout d'abord que les eaux d'infiltration du Revard ne peuvent pénétrer jusqu'au pli, ce qui paraît évident étant donné ce que nous savons des expériences d'imperméabilité à la fluorescéine. Ils objectent encore que les eaux n'ont pas des caractères

triasiques nécessaires, ce qui ne constitue pas un argument absolu ainsi que nous l'avons vu précédemment.

Conclusions du chapitre VI

Interprétation personnelle des faits observés

Il convient à présent d'essayer de grouper en une synthèse les différents faits que nous avons signalés. Pour cela nous allons examiner successivement les points suivants :

1. *Origine de l'eau.* — Il semble bien que l'eau trouve sa source principale dans les infiltrations qui se produisent aux affleurements de calcaire urgonien soit aux limites du bassin le long du Revard-Semnoz à l'Est, le long de la Dent du Chat, de la Chambotte et du Gros Foug à l'Ouest, soit au niveau des petits synclinaux qui constituent autant de fenêtres ouvertes dans la couverture du bassin, parmi lesquels il faut citer particulièrement : la Roche du Roi, le coteau de Poissy, la montagne de La Balme.

Encore entièrement hypothétique restent deux voies d'arrivée, l'une par la faille du Bourget, l'autre par le chevauchement-pli du Revard, cette dernière pouvant peut-être recueillir de l'eau ayant cheminé longuement sur les couches imperméables jurassiques.

2. *Origine de la minéralisation soufrée.* — Nous pensons qu'il convient de retenir deux origines possibles qui ne s'excluent peut-être pas l'une l'autre : une origine

hauterivienne qui a pour elle la facilité avec laquelle l'eau rencontre les marnes pyriteuses de cet étage, mais qui a contre elle, le fait qu'elle n'explique pas la minéralisation de l'eau de Challes, station située trop près pour que l'on n'ait pas quelques tendances à vouloir la rapprocher d'Aix-les-Bains. Elle a contre elle le fait que sur un grand nombre d'échantillons nous n'avons trouvé que quelques éléments pyriteux, que nos études chimiques semblent nous révéler comme peu importants. Une origine oxfordienne qui a pour elle de permettre d'expliquer par une même hypothèse la formation des eaux d'Aix-les-Bains et de Challes. Et cependant, la plus grande difficulté que les eaux rencontrent pour atteindre l'oxfordien engage presque à la placer au second plan.

On peut se demander si, sur une vaste surface du bassin, les eaux ne sortent pas sulfatées et sulfurées par les marnes hauteriviennes. En certains points, un enrichissement se produit par des venues plus profondes qui, grâce à une faille apporte des éléments sulfatés dans l'oxfordien.

3. La *silice* assez abondante dans ces eaux peut provenir soit d'une lixivation superficielle des mollasses, soit d'un entraînement de silice par les eaux au niveau de l'Hauterivien qui contient souvent des moellons de *silex*.

4. Nous avons vu que la radioactivité était relativement peu élevée ; sur l'origine de cette radioactivité nous partageons complètement le point de vue de M. P. URBAIN qui écrit :

« Les roches les plus riches en éléments radioactifs semblent être les roches volcaniques récentes ; puis viennent les roches cristallines d'origine profonde, dont le granit est le type, et enfin les roches sédimentaires. Dans chacune de ces trois catégories les roches acides, riches en quartz, offrent des teneurs moyennes en thorium, uranium et radium plus élevées que les roches basiques, pauvres en quartz, mais riches en silicates alcalins et alcalino-terreux. ».

A Aix-les-Bains il semble que la radioactivité soit bien due à des terrains sédimentaires (crétacé ou jurassique) étant donné son chiffre assez bas.

CHAPITRE VII

ETUDE DE DIVERS DEPOTS RECUEILLIS AU GRIFFON DE LA SOURCE

Nous avons réuni dans ce chapitre diverses recherches des dosages chimiques d'aspect peut-être hétérogènes, mais qui se rapportent tous au problème des dépôts spontanés réalisés par l'eau à son arrivée au griffon. Nous décrirons successivement :

I. LES DEPOTS DE LA GROTTÉ DES SERPENTS

Nous avons recueilli des fragments de roche dans la Grotte des Serpents qui constituait autrefois le griffon de la source Alun : l'un d'eux dont on retrouvera la description dans notre tableau au n° 17 est un fragment de calcaire détaché de la paroi de la Grotte. On notera sa richesse relative en sulfate, résultat probable d'une imprégnation par l'eau avec dépôt. L'autre dont on trouvera la description au N° 16 du même tableau correspond à une argile recueillie dans une des cavités de la Grotte, sa ri-

chesse particulière en silice, sa faible teneur en carbonate de chaux semblent attester qu'un courant différent devait se faire jour en ce point.

II. LES DEPOTS FORMES PAR L'ACCUMULATION DE LA BARÉGINE

Nous avons examiné tout d'abord des barégines recueillies dans des écoulements en plein air de la canalisation de la source Alun :

1° L'étude botanique de ces barégines a été poursuivie par M. l'abbé FREMY, professeur à l'Institut libre de Saint-Lô qui voudra bien trouver ici l'expression de nos très vifs et très respectueux remerciements. Il a reconnu dans ces barégines :

- a) Des bactériacées diverses :
- b) Des Beggiatoa (bactériacées sulfureuses) ;
- c) Mycélium et spores de champignons ;
- d) Quelques très rares Diatomées ;
- e) Des Cyanophycées : *Aphanocapsa thermalis* Brügg.,

Chroococcus minutus (Kütz) Næg, *Aphanocapsa fuscolutea* Hansg., *Phormidium luridum* Gom., *Oscillatoria* sp. (mal caractérisée) ;

- d) Une algue verte : *Protococcus vulgaris* Ag...

2° Les résultats de l'analyse chimique de ces barégines sont rapportés au N° 18 de notre tableau, on peut voir qu'il s'agit essentiellement de carbonate de chaux produit qui se précipite au moment où l'anhydride carbonique abandonne l'eau et où se réalisent des oxydations.

Numéro de l'échantillon	16	17	18	19	20
SiO ²	56,91	0,41	1,07	1,65	1,69
TiO ²	1,30	0	0	0	0
Ca	46,40	43,76	32,72	42,15	43,48
Mg	1,34	1,00	0,77	0,53	0,54
Al	15,24	0,54	0,94	1,40	0,89
Fe	5,60	0	0	0	0
SO ⁴	3,36	2,13	1,69	0,56	0,72
Cl	0	0	0	0	0
K	0,57	0	0	0	0
Na	2,47	0	0	0	0
CO ³	2,77	50,90	52,37	49,21	50,08
Perte à 100°	8,30	0,63	0,23	0,45	0,37
Perte à 180°	13,10	42,18	43,28	43,73	42,41

Résultats rapportés à une prise d'essai desséchée à 100°

Le N° 17 correspond à un calcaire recueilli aux parois de la Grotte des Serpents.

Le N° 16 correspond à une argile recueillie dans une cavité creusée par les eaux dans le calcaire de la Grotte des Serpents.

Le N° 18 est le produit de la dissécatation à l'air de la barégine recueillie en divers points de l'Etablissement. Le soufre libre n'a pas été dosé.

Les N°s 19 et 20 sont des dépôts recueillis sur l'emplacement des Bains Romains.

III. DEPOTS RECUEILLIS DANS LES BAINS ROMAINS

Il existe dans les Bains Romains d'Aix-les-Bains près de l'ancien foyer de chauffe de ces bains, deux grosses masses de dépôts qui semblent aboutir à ce foyer. Nous avons recueilli un échantillon de chacun de ces dépôts et nous nous sommes appliqués à leur étude, afin de fixer si les eaux qui les ont précipitées étaient des eaux ordinaires ou étaient des eaux sulfureuses du type actuel.

1° L'examen de ces boues a été fait du point de vue botanique par M. l'abbé FREMY dont voici la réponse :

« Après dissolution du calcaire par l'acide acétique, il reste un dépôt organique jaune-brunâtre rappelant un peu la Kukersite (sorte de charbon d'algues de l'ère primaire), mais beaucoup moins abondant. L'examen microscopique de ce dépôt m'a montré des débris divers qui me semblent bien d'origine végétale, mais ne provenant pas (du moins en majeure partie) de plantes vasculaires, car les vaisseaux ligneux auraient été conservés et je n'en ai pas trouvés. J'ai pu reconnaître avec certitude des cellules de Nostocacées et d'Oscillariées. Certaines par leur forme et leur taille rappellent assez bien les cellules et les spores d'*Hapalosiphon laminosus*, espèce très commune dans les eaux thermales. D'autres, beaucoup plus petites et relativement plus allongées pourraient être rapportées au *Phormidium laminosum*, espèce également fréquente dans les eaux chaudes. Des petites cellules, sphériques, correspondent bien à l'*Aphanocapsa thermalis*. Brügg. J'ai observé aussi quelques fibres d'origine animale et un groupe de cellules correspondant à l'écorce

d'une plante supérieure. Mais ce sont les premières cellules (celles de Nostocacées ou Hapalosiphon) qui sont les mieux conservées. Naturellement il ne peut être question ici de faire des déterminations spécifiques, car les cellules sont désarticulées et le contenu cellulaire non ou mal conservé. Ce n'est pas tout à fait exceptionnellement que des Algues fossiles sont suffisamment bien conservées pour pouvoir être rapportées avec certitude à une espèce donnée. Le cas le plus frappant que j'aie vu est celui de *Botryococcus* conservées dans des argiles tertiaires des environs de Lisieux, dont la structure est restée aussi nette que sur des échantillons actuels. »

2° L'examen chimique de ces boues a montré une constitution du dépôt très voisine de la barégine actuelle, ainsi qu'on pourra s'en rendre compte en lisant les n^{os} 18, 19 et 20 de notre tableau.

Au total, il semble donc que les boues recueillies dans les thermes romains soient bien le dépôt précipité par des eaux sulfureuses du même type que les eaux actuelles.

Technique des dosages

L'analyse comporte tout d'abord une pulvérisation et une dessiccation à 100°.

Silice. — Après fusion alcaline, séparation par NO^3H étendu, purification par SO^4H^2 et pesée.

Titane. — Extraction par SO^4H^2 , précipitation par NH^4OH et pesée.

Calcium. — Précipitation du calcium en présence de magnésium et d'alcalins par l'utilisation de l'insolubilité dans l'eau chaude de l'oxalate de calcium. Le précipité d'oxalate de calcium après séparation est transformé en oxyde de CaO qu'on pèse.

Magnésium. — Précipitation du magnésium à l'état de phosphate ammoniaco-magnésien qui par calcination est transformé en pyrophosphate de calcium qu'on pèse.

Fer. — Le fer mis en solution après la fusion alcaline est précipité par du carbonate d'ammoniaque, on le sépare du magnésium par la méthode au Cupferron.

Aluminium. — L'aluminium est dosé pondéralement après précipitation à l'état de Al^2O^3 par le carbonate d'ammoniaque et l'ammoniaque.

Sodium. — Il est dosé à l'état de chlorure, son poids

est obtenu par la différence totale des chlorures alcalins et le poids des chlorures correspondants aux quantités de potassium et de lithium dosées.

Potassium. — Isolement du potassium sous forme de perchlorate de potasse, du mélange des chlorures alcalins.

Sulfates. — Dosage à l'état de sulfate de baryum qu'on pèse.

Chlorures. — Dosage à l'état de chlorure d'argent.

Bromures. — Le brôme libéré par l'action de l'acide chromique sur les bromures, réagit sur la fuschine en donnant un dérivé bromé soluble dans le chlorure qu'il colore en rose.

L'intensité de cette coloration proportionnelle à la teneur en brôme, permet un dosage colorimétrique.

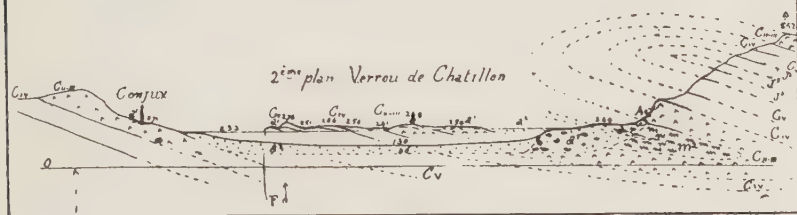
Iodures. — Dosage colorimétrique par déplacement de l'iode de l'iodure par des nitrites de soude en présence de sulfure de carbone. Le sulfure de carbone se colore en violet plus ou moins intense suivant la proportion de l'iode.

Carbonates. — On déplace le gaz carbonique des carbonates par l'acide chlorhydrique, on recueille sur la chaux sodée qu'on pèse.

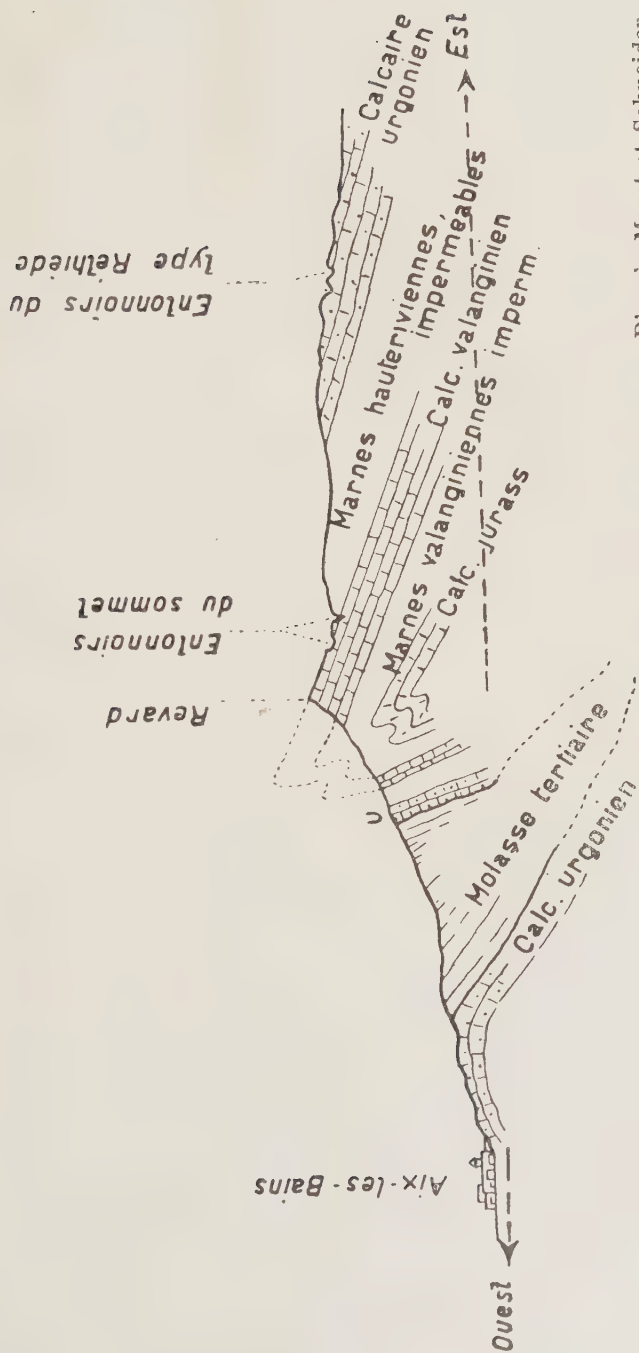
Pour le mode opératoire, se reporter à la thèse de M. Thomasson.

Lac du Bourget (partie nord)

1 Coupe Conjux - Croisin S.



D'après Gorceix.



D'après Moret et Schneider.

Liste des étages crétacés avec les localités types et l'indication des faciès qui se rencontrent dans les localités ou en général dans l'Europe Occidentale.

<i>Crétacé supérieur</i>	<i>Sénonien</i> craie blanche de Sens	<i>Aturien</i> (Adour)	<i>Maestrichtien</i> : craie-tuf- feau de Maestricht, à belemnitella mucronata.
			<i>Campanien</i> : Craie blan- che de Champagne à belemn. quadrata.
			<i>Santorien</i> : craie de Saint- onge, à micraster coran- guinum.
			<i>Coniacien</i> : craie de Co- gnac à micraster cor testudinarium.
			<i>Turonien</i> : craie-tuffeau de Touraine (en géné- néral : craie marneuse).
<i>Crétacé inférieur</i>	<i>Cenomanien</i> : sables du Maine (en général : craie glauconieuse).		
	<i>Albien</i> : argiles bleues à ammonites de l'Aube (= Gault, nom anglais de ces argiles).		
	<i>Aptien</i> : calcaires et marnes à ammonites d'Apt.		
	<i>Barrémien</i> : calcaires marneux à ammonites de Barrême (Basses-Alpes).		
	<i>Hauterivien</i> : marno - calcaires d'Hauterive, près Neuchâtel.		
	<i>Valanginien</i> : marno-calcaires de Valangin près Neuchâtel.		<i>Néocomien</i> (Neuchâtel)

On décrit souvent un faciès urgonique, le type en a été pris à Orgon à l'est de Tarascon où il est constitué par des calcaires zoogènes blancs durs et compacts. Diverses études ont montré qu'il s'agit d'un faciès pouvant se présenter à des niveaux différents soit dans le Barrémien, soit dans l'Aptien inférieur, soit dans les deux à la fois.

Liste des étages crétacés avec les localités types et l'indication des faciès qui se rencontrent dans les localités ou en général dans l'Europe Occidentale.

<i>Jurassique supérieur</i>	<i>Portlandien</i>	<i>Purbeckien</i> . Dépôts lacustres et saumâtres de Purbeck (Dorsetshire).
		<i>Bononien</i> . Calc. et grès marins de Portland (Dorsetshire) et du Boulonnais.
	<i>Kimeridgien</i> .	Marnes noires de Kimeridge (Dorsetshire).
	<i>Lusitanien</i> (Portugal)	<i>Sequanien</i> . Calc. marno-gréseux de l'embouchure de la Seine. <i>Rauracien</i> . Calc. coralliens de la Rauracie (anc. nom du Jura). <i>Argovien</i> . Marnes grises à spongiaires siliceux du Jura d'Argovie (Suisse).
	<i>Oxfordien</i> .	Marnes noires d'Oxford.
<i>Jurassique moyen</i>	<i>Callovien</i> .	Calc. gréseux de Kellaways (Wiltshire).
	<i>Bathonien</i> .	Calc. oolithiques blancs de Bath (Somersetshire).
<i>Jurassique inférieur ou Lias</i>	<i>Bajocien</i> .	Calc. oolithiques ferrugineux de Bayeux (Calvados).
	<i>Aalenien</i> .	Couches ferrugineuses et marnes noires à trigonia navis d'Aalen (Wurtemberg).
	<i>Toarcien</i> .	Marnes noires de Thouars (Deux-Sèvres).
	<i>Charmouthien</i> .	Marnes noires de Charmouth (Dorsetshire).
	<i>Sinemurien</i> .	Calcaires noirs à gryphea arcuata de Semur (Côte-d'Or).
	<i>Hettangien</i> .	Grès à cardinia hybrida d'Hettange (Moselle).
	<i>Rhetien</i> .	Schistes à ammonites et calcaires à Brachiopodes des Alpes rhétiques : faciès spécial aux régions alpines et méditerranéennes : ailleurs couches très littorales à avicula contorta et bone-beds.

CONCLUSIONS

I. — Nous avons montré que le bassin hydrominéral d'Aix-les-Bains réalise une cuvette dont le fond imperméable est formé par des marnes hauteriviennes qui en se relevant lui constituent des bords nettement fixés à l'est et à l'ouest. La cuvette est largement ouverte au nord, elle est ouverte en profondeur en deux points au moins par une faille longeant le Bourget et par un pli longeant le Revard. Par là, les eaux de la cuvette peuvent atteindre des terrains antérieurs à l'Hauterivien. Cette cuvette rassemblent les eaux tombées sur la portion perméable de son étendue et en particulier au point d'affleurement des calcaires urgoniens.

II. — Nous avons rassemblé les textes qui donnent la description des terrains de cette cuvette. Nous avons

donné la description de l'examen microscopique des roches recueillies par nous dans ce bassin et notamment de nombreux échantillons de marnes hauteriviennes. Nous avons constaté la faiblesse et l'inconstance de la pyritisation de ces marnes. Cette dernière observation nous a fait hésiter à attribuer à ces pyrites hauteriviennes la sulfuration des eaux d'Aix-les-Bains.

III. — L'étude goéchimique de ces mêmes roches nous a montré pour les marnes valanginiennes leur peu de richesse en fer et en acide sulfurique, ce qui a confirmé l'opinion créée au chapitre précédent par les examens microscopiques.

IV. — Nous avons montré que seule une hypothèse attribuant la minéralisation soufrée des sources sulfurées du bassin d'Aix à des dépôts pyriteux de l'Oxfordien pourrait s'appliquer à toutes les sources.

V. — Nous avons montré qu'on ne pouvait donner pour ou contre une minéralisation d'origine purement triasique des sources aucun argument tiré de leur étude chimique ou physico-chimique.

VI. — Nous avons résumé les différentes hypothèses qui avaient été émises pour les sources d'Aix-les-Bains et leur origine géologique. En conclusion, nous avons pensé à une minéralisation hauterivienne enrichi d'influence oxfordienne vers les plis permettant d'atteindre la profondeur.

VII. — Nous avons étudié la flore de barégine, rapporté sa constitution chimique.

VIII. — Nous avons montré que des dépôts relevés dans les ruines romaines étaient bien dus à des eaux sulfurées, qui à l'époque des thermes romains devaient aboutir aux points où sont ces dépôts.

Le Président de la Thèse,
M. PIERY.

Vu :
Le Doyen,
Jean LÉPINE.

Vu et permis d'imprimer :
Lyon, le 12 juin 1939
Le Recteur, Président du Conseil de l'Université,
A. LIRONDELLE.

BIBLIOGRAPHIE

ARSONVAL (D') et BORDAS, TOUPLAIN (F.), GUILLERD (A.), BESSON (M. L.). — Étude des Sources thermales d'Aix-les-Bains par les Lab. de « Physique Hydrologique » et « d'Hygiène et Climatologie » de l'Institut d'Hydrologie et de Climatologie (*Ann. Inst. Hydr. Clim.*, 1931, 7, 189-272).

Mgr BILLIET. — Discours sur la constitution géologique du bassin de Chambéry (*Bull. Soc. Géol. de France*, 2^e sér., 1844-1845, 1, 609-614. — *Mém. Soc. Royale Académique de Savoie*, 1^{re} série, 1846, 12, 319-335).

Chanoine BILLIOT. — Aperçus géologiques sur les environs de Chambéry (*Mém. Soc. Académique de Savoie*, 1^{re} série, 1825, 1, 135-169).

Chanoine BOURGEAT. — Carte tectonique du Jura (*Ann. Soc. Scient. de Bruxelles*, xxviii, 2^e part., *Mem. C. B.*, reprod. dans « le Jura », 1903, 1, 100, fig. 28).

CAYEUX (L.). — Roches sédimentaires (1 vol., 524 p., Imp. Nationale, Paris, 1916).

CHAMOUSSET. — Coupes géologiques prises aux environs de Chambéry (*Bull. Soc. Géol. de France*, 2^e série, 1843-1844, 1, pl. xij).

— Compte rendu des observations faites par la Société dans la course du 13 août au Mont du Chat (*Bull. Soc. Géol. de France*, 2^e série, 1843-1844, 1, 731-741).

CHOLLEY (A). — Le Jura méridional (*Ann. de Géogr.*, 1932, ⁴ 41, 563).

CLEMENÇOT. — Excursion à la Chambotte. (*Bull. Soc. Hist. Nat. de Savoie*, 2^e sér., 1894, 1, 24-34).

DAVIS (William Moris). — Excursions around Aix-les Bains (*Compiles by Published for the Y. M. C. A. National War Work Council by the Appalachian Mountain Club of Boston*. In-18, 72 p., 15 cartes et 14 fig. dans le texte Cambridge, Mass. 1918. Voir « le Jura », 1, 405).

DOUXAMI. — Tertiaire de la Savoie et du nord du Dauphiné. Feuilles de Chambéry, Grenoble et Nantua (*Bull. Serv. Carte Géol. de la France*, 1895-1896, 7, n° 44. C. R. Collab. Campagne de 1894, 91-95).

— Etudes sur les terrains tertiaires du Dauphiné, de la Savoie et de la Suisse Occidentale. In-8°, 1896, Lyon-Paris.

— Feuilles de Chambéry et Albertville. Revision de Nantua, Annecy et Thonon. (*Bull. Serv. Carte géol. de la France*, 1896-1897, 8 n° 53. C. R. Collab. Campagne de 1895, 151-153. — Revision de Nantua et Annecy, 1898-1899, 10, n° 63. C. R. Collab. Campagne de 1897, 185-187. — 1898-1899, 10, n° 69. C. R. Collab. Campagne de 1898, 558-562. — 1897-1918, 9, n° 59. C. R. Collab. Campagne de 1896, 389-393).

DUFRENOY (J.) — Les Sulfuraires, les Barégines et les Ferrobactériacées de quelques Eaux thermales. (*Ann. Inst. Hydr. Clim.*, 1924, 2, 27-47).

FALSAN. — Sur la place qu'occupe dans le Jura du Bas-Bugey la zone à Ammonites tenuilobatus (*Bull. Soc. Géol. de France* (3 série), 1872-1873, 1, 170-175).

FALSAN (A.) et DUMORTIER (E.) — Note sur les terrains subordonnés aux gisements de Poissons et de Végétaux fossiles du Bas-Bugey. (*Ann. Soc. d'Agriculture de Lyon* (4 série) 1872, 5, 143-218. Reprod. dans V.

THIOLLIÈRE. — Description des fossiles provenant des gisements coralliens du Jura dans le Bas-Bugey, 2^e livraison, In-folio, Lyon-Paris, 43-61).

GORCEIX (Ch.) — Essais morphologiques sur le Lac du Bourget et la région d'Aix-les-Bains (1 vol., 24 p., Annecy.. *Imp. commerciale*, 1919). — Essai porphologique sur le Lac du Bourget et de la région d'Aix-les-Bains (In-8°, Annecy, 1919). — Coupes de la région du Lac du Bourget. Essai morphologique sur le Lac du Bourget et la région d'Aix-les-Bains (In-8°, Annecy, 1919, Pl. 2 et 3).

GUEYMARD (Em.) — Carte géologique du département de l'Isère, 1844, Grenoble. (Echelle de 1 : 200.000 environ).

HAUG (Em.) — Etude sur la Tectonie des hautes chaînes calcaires de Savoie (*Bull. Serv. Carte Géol. de la France*, 1895-1896, 7, n° 47, 207-298). — Carte tectonique des hautes chaînes calcaires de Savoie, 1 : 320.000 (*Bull. Serv. Carte Géol. de France*, 1895-1896, 7, n° 47, pl. 6). — Observations sur la division des Alpes occidentales en zones et sur certains points de la Tectonique des zones externes. Réponse à M. Pierre Lorry (*Bull. Soc. Géol. de France* (3^e série), 1896, 26, 34-36).

HOLLANDE (D.) — Coupe de la chaîne du Corbelet à la chaîne de l'Epine ; coupe d'Yenne au Lac du Bourget (*Bull. Soc. Géol. de France* (5^e série) 1879-1880, 8, 215-218, fig. 1 et 2). — Les terrains du Nivolet au Nord de Chambéry comparés à ceux du Corbelet, du Mont de l'Epine et du Mont du Chat (*Bull. Soc. Géol. de France* (3^e série), 1879-1880, 8, 212-219).

— Coupe de Lépine au Pas de la Fosse (*Revue Savoisienne*, 1880, 21, 92-100).

— Les ramifications du Jura en Savoie (*Revue Savoisienne*, 1884, 21, 61-64. *Reprod. Soc. d'Hist. Nat de Savoie*, 1884, 12-24). — Note sur les terrains jurassiques de

Chanaz, du Mollard, de Vions, du Grand-Colombier et des environs de Chambéry (*Bull. Soc. Géol. de France*, (3^e série), 1884-1885, 13, 876-890).

HOLLANDE (D.) — La Société Géologique de France dans le Jura Méridional (*Revue Savoisienne*, 1886, 27, 30-39).

— La Cluse de Chaille (*Revue Savoisienne*, 1886, 28, 244, 247).

— Miocène de la montagne de l'Epine (*Bull. Soc. Hist. Nat. de Savoie* (1^{re} série) 1887, 106-107).

— Cluse de Chaille (*Bulletin Soc. Hist. Nat. de Savoie* 1^{re} série, 1887, 1, 199-202).

— Coupes prises dans la région de contact du Jura Méridional et de la zone subalpine aux environs de Chambéry (*Bull. Serv. Carte Géol. de la France*, 1892-1893, 4, n° 29, 263-285, fig. 2-23).

— Contact du Jura Méridional et de la zone subalpine aux environs de Chambéry (*Bull. Serv. Carte Géol. de la France*, 1892-1893, 4, n° 29, 2. — 1892-1893, 4, n° 29, 261-287).

— Feuille de Chambéry (*Bull. Serv. Carte géol. de la France*, 10, n° 63. C. R. Collab. Campagne de 1897, 195-197. — 1898-1899, 10, n° 69. C. R. Collab. Campagne de 1898, 566-568).

— La zone subalpine aux environs de Chambéry (*Bull. Serv. Carte Géol. de la France*, 1903-1904, 15, n° 101, 467-485).

— Extrémité nord du Massif de la Grande-Chartreuse (*Bull. Soc. Géol. de France* (4^e série) 1911, 11, 202) — 1911, 11, 195-211).

ITIER (J.) — De la constitution géologique du département de l'Ain (*Ann. Soc. Imp. d'Agriculture de Lyon* (2^e série), 1855, 7 (1^{re} partie), 240-249)

JACQUEMIN (E.) — Etudes sur les terrains secondaires du département de l'Ain. (In-8°, Bourg, 1891).

KILIAN (M. W.) — Deux mots sur les chaînes subalpines du Dauphiné (*Bull. Soc. Géol. de France* (3 série), 1896, 24, 174-175).

— Relations des principales sources thermales du Dauphiné avec la nature géologique du sol (*Rap. au Cong. Int. d'Hydrol. Clim. Géol.*, 1902, 19 p., Imp. Allier Frères, Grenoble. — 1 vol., 21 p. Imp. Allier, Grenoble, 1902.

— Sur l'origine probable des Eaux thermales d'Aix-les-Bains (Savoie) et le rôle des accidents tectoniques dans la thermalisation et la minéralisation des sources (*Livre Jubilaire du Cinquantenaire de la Soc. Géol. de Belgique*. In-4°, 1924, Liège (1^{re} partie, 95-102).

LORY. — Coupes du Plateau jurassique du nord du département de l'Isère (*Bull. Soc. de statistique de l'Isère* (2^e série), 1851, 1, 351).

— Essai sur le groupe de montagnes de la Grande-Chartreuse, partie de l'Arrondissement de Grenoble comprise entre la rive droite de l'Isère et la frontière de Savoie (*Bull. Soc. de Statistique de l'Isère* (2^e série), 1852, 2, 54-130).

— Carte géologique du Dauphiné (Isère, Drôme, Hautes-Alpes) 1 : 250.000, 1 feuille, Paris-Grenoble, 1858.

— Coupes du massif de la Grande-Chartreuse (1 : 80.000 (*Description géologique du Dauphiné*, 2, in-8°, 1861, Grenoble-Paris).

— Description géologique du Dauphiné (3 vol., in-8°, Paris-Grenoble, 1860-1864).

LORY (Ch.), PILLET (L.) et l'abbé VALLET. — Carte géologique du Département de la Savoie (1 : 150.000, Chambéry, 1869).

LORY. — Note sur les Chaînes Subalpines (*Bull. Soc. Géol. de France* (3 série), 1896, 24, 236-237).

— Observation sur la division des Alpes Occidentales en zones et sur certains points de la Tectonie des zones externes (*Bull. Soc. Géol. de France* (3 série), 1895, 23, 205-207).

- MAILLARD (G.) — Notes sur la géologie des environs d'Annecy, 1889, (*Bull. Carte géol. de France*, n° 6, 2. Notes sur les derniers travaux de Maillard, par Michel Lévy, 1890).
- MARGERIE (E. de). — *Le Jura*, mem. pour servir à l'explication de la carte géologique détaillée de la France (1 vol., 152 p., Paris, Imp. Nationale, 1936).
- MARTIN J.-B. (abbé). — Carte tectonique du Jura Méridional. 1 : 500.000 (*Le Jura Méridional*. Etude de géogr. phys. spécialement appliquée au Bugey. In-8°, Paris, 1911, 49, fig. 7 ; reprod. dans *Le Jura*, 1, 106, fig. 33. Voir aussi même ouvrage, 258, fig. 110).
- MORET (L.) — Description géologique de la montagne de Mandalaz et de ses deux prolongements sud et nord (chaîne : Poisy, la Balme, Crêt, de la Dame, Allonzier) (*La Revue Savoisienne*, 1912, 53, 52-76).
- Carte géologique de la Savoie et des régions limitrophes, d'après des documents inédits publiés par les Services géologiques de France, de Suisse et d'Italie, 1 : 200.000 (1 feuille Chambéry, 1928).
- MORET (L.) et SCHNEIDER (G.). — Idées nouvelles sur le problème géologique de l'origine des sources thermo-minérales d'Aix-les-Bains (Savoie) (*Trav. Lab. Géol. de la Fac. des Sciences de l'Univer. de Grenoble*, 1934-1935, 18, 1-16, Allier, Grenoble, 1936).
- MOUSSON (Alb.). — Bemerkungen über die natürlichen Verhältnisse der Thermen von Aix in Savoyen (*Nen Deutschr. Schweizer. Gesellsch. f. die gesammte Naturwiss.*, 1847, 8, N° 2, 1-48).
- Profile des Thales von Aix in Savoyen (*Nene Deukscher. Sschweizer. Gesellsch. f. d. ges. Naturwiss.*, 1847, 8, tab. 2).
- NETTER (W. J.). — Contribution à l'étude des eaux minérales d'Aix-les-Bains (*Thèse de Pharm., Strasbourg*, 1932-1933, 1 vol., 132 p. « Les Presses Modernes », Strasbourg, 1933).

- PENCK et BRUCKNER. — Les Alpes Françaises à l'époque glaciaires (Trad. L. Scaudel, 109).
- PILLET (L.). — Observations critiques sur un mémoire de M. Alb. Mousson (*Bull. Hist. Nat. de Savoie*, 1^{er} mai 1850, 153).
- Carte géologique des environs d'Aix (*Mém. Acad. Royale de Savoie*, 2^e série, 1854, publié en 1859, 3).
- PILLET (L.) et GIROD. — Carte géologique de la Commune de Chanaz, 1 : 12.000 (*Mém. Acad. Royale de Savoie*, 2^e série, 1854, 3, 384).
- PILLET (L.). — Description géologique des environs d'Aix (*Mém. Acad. Royale de Savoie*, 2^e série, 1859, 3, 1-117, 2^e éd. à part. In-8°, Chambéry 1863).
- Coupes géologiques des environs d'Aix-les-Bains (*Mém. Acad. Royale de Savoie*, 2^e série, 1859, 3, pl. 1-3).
- Carte géologique des environs d'Aix et de Chambéry, 1 : 100.000 (*Descript. géol. des Environs d'Aix*, 2^e édit. In-8° Chambéry, 1863).
- Description géologique des environs de Chambéry (*Mém. Acad. Imp. de Savoie*, 2^e série, 1866).
- Cartes géologiques (*Mém. Acad. Imp. de Savoie*, 2^e sér., 1866, 8, 72-88. — Voir sur ce travail *Le Jura*, 1, 146).
- Carte géologique des environs d'Aix et de Chambéry, 1 : 100.000 (*Mém. Acad. Imp. de Savoie*, 2^e série, 1866, 8, 88).
- Coupes géologiques de l'arrondissement de Chambéry (*Mém. Acad. de Savoie*, 3^e série), 1883, 9).
- Compte-rendu de l'Excursion du 31 août à La Balme, à la Cluse d'Yenne et au fort de Pierre-Châtel (*Bull. Soc. Géol. de France*, 3^e série, 1884-1885, 13, 860-863).
- Commandant PORTEVIN. — Excursion au Mont du Chat (*Bull. Soc. Hist. Nat. de Savoie*, 2^e série, 1894, 1, 6-12).
- Chanoine RENDU. — Aperçu géologique sur la vallée de Chambéry (*Mém. Soc. Royale Acad. de Savoie*, 1^{er} série, 1833, 7, 185-263).
- Carte Géologique et Minéralogique des environs de

Chambéry (*Mém. Soc. Royale Acad. de Savoie*, 1^{re} série, 1833, 7, 263).

- Traits principaux de la géologie de la Savoie (*Mém. Soc. Royale Acad. de Savoie*, 1^{re} série, 1839, 9, 123-176).
- Carte représentant les principaux traits de la Géologie des Alpes de Savoie (*Mém. Soc. Royale Acad. de Savoie*, 1^{re} série, 1839, 9, 176).

REVIL (J.). — Compte-rendu d'excursions géologiques faites aux environs de Chambéry sous la direction de M. Hollande (*Revue Savoisiennne*, 1880, 21, 71-73).

- Description géologique de la montagne de Corbelet (*Revue Savoisiennne*, 1887, 28, 69-80 et 108-117).
- Coupe de la Chaîne du Mont du Chat passant par le Col. (*Bull. Soc. Hist. Nat. de Savoie*, 1^{re} série, 1888, 2, pl. 1).
- Etude sur le Jurassique moyen et supérieur du Mont du Chat (*Bull. Soc. Hist. Nat. de Savoie*, 1^{re} série, 1888, 2, 182-214).

REVIL (J.) et DOUXAMI (H.). — Sur le Miocène de la vallée de Novalaise (*C. R. Acad. Sc.*, 1895, 120, 1^{er} sem., 1363-1365).

- Existence d'assises qui appartiennent au Pontique dans la vallée de Novalaise (*Bull. Soc. Géol. de France*, 3^e série), 1895, 23, 116-117).
- REVIL (J.). — Excursion à Novalaise (*Bull. Soc. Hist. Nat. de Savoie*, 2^e série, 1896, 3, 26-100).

REVIL (J.) et VIVIEN (J.). — Note sur la structure de la Chaîne Nivolet-Revard (*Bull. Soc. Géol. de France*, 3^e série, 1898, 26, 365-371).

REVIL (J.). — Note sur la structure de la vallée d'Entremont et du plateau de Montagnole près Chambéry (extrémité septentrionale du Massif de la Chartreuse) (*Bull. Soc. Géol. de France*, 3^e série, 1900, 28, 873-897).

- Notions de géologie appliquées au département de la

- Savoie (*Bull. Soc. Hist. Nat. de Savoie*, 2^e série, 1903, 9, 83-150).
- Coupe de la Chaîne du Mont du Chat et la Montagne du Corsuet (*Bull. Soc. Hist. Nat. de Savoie*, 2^e série), 1895, 2, 45 ; reprod. *ibid.*, 1903, 9, pl. 2, fig. 1).
- REVIL (J.) et CORCELLE (J.). — La Savoie. Guide du Touriste, du Naturaliste et de l'Archéologue (collect. publiée sous la direction de M. Boule, In-8°, Paris, Masson et Cie, 1903).
- REVIL (J.). — Sur la « désharmonie » des plis superficiels et des plis profonds aux environs de Chambéry (*Bull. Soc. Géol. de France*, 4^e série 1908, 342-357) reprod. *Bull. Soc. Hist. Nat. de Savoie*, 2^e série, 1909, 13, 125-144).
- Les sources thermo-minérales de la Savoie (*Revue génér. des Sciences pures et appliquées*, 1908, 19, 825-843).
 - L'origine des eaux minérales de la Savoie (*Bull. Soc. Hist. Nat. de Savoie*, 2^e série, 1909, 13, 145-167).
 - Tectonique générale et Histoire géologique des Chaînes Jurassiennes et Subalpines de la Savoie (*Bull. Soc. Hist. Nat. de Savoie*, 2^e série 1910, 15, 23-66).
 - Géologie des Chaînes Jurassiques et Subalpines de la Savoie (Petit Bugey, environs d'Aix-les-Bains, Massif des Bauges, Massif de Curienne-La Thuile, extrémité septentrionale du Massif de la Grande-Chartreuse) 1911-1913, 2 vol. in-8°, Chambéry. Extrait des *Mém. de l'Académie des Sciences, Belles-Lettres et Arts de Savoie*, 5^e série, 1910-1912, 1 et 2).
 - Feuille de Chambéry et d'Albertville. Tectonique de l'anticlinal de la Chambotte (*Bull. Serv. Carte Géol. de la France*, 1912-1913, 22, N° 133. C. R. Collab. *Campanie de 1912*, 129-130).
 - Carte tectonique des Chaînes Jurassiennes et Subalpines de la Savoie (*Géol. des Chaînes Jurassiennes et Subalpines de Savoie*. In-8° Chambéry, 1913, 2, pl. en regard de la p. 222).
 - Saint Jean de Couz, Les Echelles, Cluse de Chailles, Lépin, Novalaise et de col de l'Epine (*Soc. Géol. de*

- France, Réunion Extraordinaire*, 1921. In-8° Paris, 1922, 22-29).
- Hydrogéologie des massifs savoisiens (Savoie, Haute-Savoie) (*Bull. Soc. Hist. Nat. de Savoie*, 3^e série, 1925, 20, 1-164).
- RICHE (A.). — Etude Stratigraphique sur le Jurassique Inférieur du Jura méridional (1 vol., 396 p., Lib. Masson, Paris, 1893).
- Esquisse de la partie inférieure des terrains jurassiques du département de l'Ain (*Ann Soc. Linnéenné de Lyon*, 1894, 14, 105).
 - Feuille de Chambéry (*Bull. Serv. Carte Géol. de la France*, 1898-1899, 10, N° 63. *C.B. Collab. Campagne de 1897*, 221-224).
 - Feuille de Chambéry (*Bull. Serv. Carte Géol. de la France*, 1898-1899, 10, N° 69. *C. B. Collab. Campagne de 1898*, 589-593).
- RICHE, DOUXAMI, HOLLANDE. — Service de la carte géologique de la France. Carte géologique détaillée de la France, 1:80.000, feuille de Chambéry, N° 169, 1901).
- Notice explicative jointe à la feuille de Chambéry (149 de la *Carte géologique détaillée de la France*, 1901).
- RICHE (A.). — Feuille de Lyon au 320.000^e. Revision des feuilles de Saint-Claude, Nantua, Chambéry au 80.000^e (*Bull. Serv. Carte Géol. de la France*, 1904, 16, N° 105. *C. R. Collab. Campagne de 1904*, 102-106).
- Feuille de Lyon, au 320.000^e. Revision des feuilles de Saint-Claude, Nantua, Chambéry au 80.000^e (*Bull. Serv. Carte Géol. de la France*, 1904-1905, 16, N° 110. *C. R. Collab. Campagne de 1905*, 339-346. — 1910, 20, N° 126. *C. B. Collab. Campagne de 1909*, 592-598. — 1908-1909, 19, N° 122. *C. B. Collab. Campagne de 1908*, 182-190. — 1909-1910, 21, N° 128. *C. B. Collab. Campagne de 1910*, 107-114).
- RICHE (A.). — Observations sur le Colombier de Culoz et les terminaux du Jura Méridional (*Soc. Géol. de France, Réunion extraordinaire*, 1921, in-8°, Paris, 1922, 17-21).

ROZET. — Note sur la partie méridionale du Jura (*Bull. Soc. de France*, 1^{re} série, 1835-1836, 7, 136-138).

SCHARDT (H.). — Carte géologique de l'extrémité méridionale de la Première Chaîne du Jura : Chaîne de Reculet-Vuache, 1 : 250.000 (*Bull. Soc. Vaudoise Sc. Natur.*, 1891, 27, pl. II ; reprod. *Eclogae Géol. Helv.*, 1891, 2, pl. 4).

SCHARDT (H.). — Etudes géologiques sur l'extrémité méridionale de la Chaîne du Jura (*Bull. Soc. Vaud. des Sc. Nat.*, mai 1891).

SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE. — Les Régions Jurassiennes, Subalpine et Alpine de la Savoie (*Soc. Géol. de France, Réunion extraordinaire* du 14 au 21 juillet 1921, in-8°, Paris, 1922, 64 p.).

SCHNEIDER (G.). — Les sources thermales d'Aix-les-Bains 8, 1 vol. 329 p., Dunod, Paris, 1935).

THIOLLIÈRE (V.). — Sur un nouveau gisement de Poissons fossiles dans le Jura du département de l'Ain (*Ann. Soc. d'Agriculture de Lyon*, 2^e série, 1849, 1, 43-46).

TOURNIER (J.). — Notes géologiques sur le Département de l'Ain (*Feuil. des Jeunes Naturalistes*, 1887, 27, 145, 1888, 28).

Abbé VALLET. — Compte rendu l'Excursion géologique faite le 13 août au Mont du Chat (*Cong. Scient. de France*, 1863, 30^e session, Chambéry, 258-264).

